R

ENERGIJA

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA
HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU, ZAGREB

GODIŠTE 11 ZAGREB GODINA 1962.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1962. GODINI

UVODNI ČLANCI I OPĆI PRIKAZI

	Broj	Str.
Celegin ing. Ante: Počeci energetskog korištenja vodnih snaga na području Dalmacije	1—2	7
Čižmić Marin: Uz naš jubilej (Uz 50-godišnjicu HE Kraljevac)	1—2	2
Damjanić Miloš: Uvodna riječ (O 50-godišnjici HE Kraljevac)	1—2	1
Damjanić Miloš: Još jedno veliko dostignuće (Puštanje u pogon HE Split)	3—4	61
Jerić ing. Jerko: Historijski osvrt na izgradnju HE Kraljevac	1—2	12
Jutronić ing. Petar: Elektrifikacija Dalmacije s posebnim osvrtom na ulogu HE Kraljevac	1—2	26
Marušić Anđelko: Sjećanja povodom jubileja HE Kraljevac	1—2	34
Perić Vinko: »Dalmacija« tvornica karbida i cijanamida u Dugom Ratu i HE Kraljevac	1—2	50
Planić ing. Radoslav: Uz puštanje u pogon HE Split	3—4	65
Požar prof. dr ing. Hrvoje i *Butara ing. Slavko:* Proizvodnost HE Kraljevac i njezina uloga u elektrifikaciji Dalmacije	1—2	19
Radetić Ernest: Utjecaj HE Kraljevac na gospodarski i društveni preporod Dalmacije	1—2	3
Radetić Ernest: Po Kraljevcu i oko njega — Bilješke o kraju i ljudima	1—2	42
Radetić Ernest: Proradila je HE Split — najveća hidroelektrana u Jugoslaviji	3—4	112
Žepić prof. ing. Vlado: Prof. dr. ing. Milan Vidmar	9—10	281

STUDIJE I ISTRAŽIVANJA

	Broj	Str.
Balling ing. Miroslav: Energetske podloge za dimenzioniranje distributivnih mreža	7—8	218
Balling ing. Miroslav: Elektrifikacija kotara Krapina	9—10	323
Begović ing. Krunoslav: Današnje stanje i moderne tendencije u gradnji pantografskih rastavljača	5—6	168
Bilčar ing. Nikola: Primjena radioaktivnih izotopa u mjerenjima protoka kod hidroelektrana	11—12	371
Filipović ing. Božidar: Dugoročno planiranje elektroprivrednog bruto-produkta	9—10	298
Filipović ing. Božidar: Električno grijanje prostorija	11—12	386
Hangi ing. Velimir: Prekostrujna zaštita generatora kao zaštita od vanjskih i unutarnjih kvarova	9—10	311
Jamnicki ing. Ivan: Optimalno energetsko korištenje zemnog plina na području NR Hrvatske	9—10	283
Janić ing. Ivan: Elektrifikacija Prigorja	5—6	162
Janić ing. Ivan: Elektrifikacija općine Opatija	11—12	383
Jung ing. Miroslav: Simetriranje jednofaznih opterećenja za elektrifikaciju željezničke vuče radi pojednostavnjenja proračuna mreža 110 kV	7—8	239
Lucati ing. Jakob: Opskrba energijom grada Zagreba	11—12	355
Markovčić ing. Boris: Energetska koncepcija povezivanja Jadranskog i Središnjeg područja Hrvatske	3—4	71
Markovčić ing. Boris: O određivanju sile vjetra na nadzemne vodove	7—8	229
Reštarović ing. Stjepan: Energetsko područje Ričica—Zrmanja HE Obrovac	9—10	292
Škarica ing. Ranko: Ispitni vod Zrmanja	3—4	75
Tilić ing. Boris: Gubici električne energije (Analitički osvrt)	9—10	315
Zloković ing. Vladimir: Mogućnost korištenja toplinske električne pumpe za poljoprivredne svrhe	11—12	374

IZGRADNJA POSTROJENJA

	Broj	Str.
Baranović ing. Boris: Termoelektrana-Toplana Zagreb	7—8	191
Busatto ing. Ante: Hidroelektrana Split u prvoj godini rada	11—12	381
Brus Ivan: Napori i pozitivni rezultati izvedbe 220 kV dalekovoda Split—Zagreb	3—4	87
Grundman ing. Nikola: Izvedba parovoda na zapadnom dijelu Zagreba	11—12	363
Lipnjak ing. Boris: Transformatorska stanica 220/110 kV Mraclin	3—4	82
Mrša ing. Vjekoslav: Dionica voda 220 kV Vinodol—Rijeka	11—12	409
Planić ing. Radoslav: Prognoza i efekti izgradnje i ulaganja u Hrvatskoj od 1957 do 1961.	5—6	142

	Broj	Str.
Planić ing. Radoslav i *Željko dipl. ec. Vodopija:* Osobine investiranja u elektroprivredu Hrvatske u 1961	5—6	166
Primožić ing. Ante: Gradske distributivne transformatorske stanice	11—12	406
Tomić ing. Slavko: Potreba izgradnje termoelektrane Plomin	11—12	349

POGONSKA PROBLEMATIKA

Šodan ing. Milan: Ekonomičnost ili neekonomičnost starih termoelektrana	7—8	235
Vuletić ing. Josip i *Udovičić ing. Božo:* Paralelni rad transformatora, koji ne ispunjavaju uvjete za takav rad	5—6	154

EKONOMSKA PROBLEMATIKA

Feöcze dipl. ec. Daniel: Udruženje za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije Zapadne Evrope UCPTE	5—6	125

RAZNO

Bumči ing. Petar: Uklanjanje stalne posade u transform. stanicama	9—10	331
Dabac ing. Vlatko: Prilog proračunu gubitka tlaka u cjevovodima	3—4	95
Depolo dipl. iur. Vinko: Zaštita pri radu na elektroenergetskim postrojenjima	11—12	410
DF: Jugoslavenski izvoz električne energije u Italiju	9—10	310
DF: Opada porast široke potrošnje električne energije u SAD	9—10	332
Fišer ing. Karlo: Upotreba helikoptera kod gradnje dalekovoda	3—4	92
Fišer ing. Karlo: Zaštita od oluja i djelatnost direktnih zaštitnih mjera u mrežama	5—6	174
Kosar ing. Marijan: Zanimljivi detalji rješenja izvedbe transform. stanice 30 kV u Zagrebu	5—6	173
Vide ing. Jože: Aralditni izolatori	5—6	180

KONFERENCIJE

Alajbeg Ante: Savjetovanje o projektiranju i izvođenju električnih instalacija u stambenim prostorijama	9—10	332
Brezinšćak ing. Marijan: Sedmi jugoslavenski seminar JUREMA 1961	7—8	252
Hangi ing. Velimir: Savjetovanje komiteta za zaštitu i releje JNK CIGRE	3—4	107
Markovčić ing Boris: Devetnaesto zasjedanje CIGRE u Parizu 16—26. V 1962.	7—8	251
Radman Ivan: Sedma jugoslavenska konferencija ETAN-a	3—4	107

VIJESTI IZ PODUZEĆA, ZAJEDNICE I INSTITUTA

	Broj	Str.
Baranović ing. Borislav: Termoelektrana Zagreb II ulazi u pogon	3—4	99
Brezinšćak ing. Marijan: Prijenosni uređaj za mjerenje struja munja u Institutu za elektroprivredu	3—4	103
Lucati ing. Jakob: Dugoročna suradnja Instituta s industrijom	7—8	253
Meštrović ing. Franjo: »Elektrosond« radi i na inozemnim objektima	9—10	339
Radman Ivan: »Dalekovod« radi u Togu i u Pakistanu	3—10	107
Iz poduzeća »Elektra« Zabok	5—6	177
Izgradnja dalekovoda 220 i 110 kV u Hrvatskoj	5—6	181
Nova TS Međurić 110/30 kV	9—10	334
Gradnja dalekovoda 35 kV Gojak—Plaški—Slunj	9—10	335
Poslovanje poduzeća »Elektra« Sisak	9—10	335
Novi radovi »Elektroprojekta« u Etiopiji	9—10	339
Suvremena mehanizacija u poduzeću »Dalekovod«	9—10	339
Radovi iz sredstava amortizacije u »Elektroprenosu«	9—10	339
Kompletiranje TS Mraclin 220/110 kV	11—12	412
Uzelac ing. Blaž: Laboratorij za visoki napon i jaku struju Instituta za elektroprivredu u Zagrebu	3—4	101

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

Fišer ing. Karlo: O radio-smetnjama uzrokovanim od vodova vrlo visokog napona	3—4	108
Smjernice za armature izolatorskih lanaca i užeta za nadzemne vodove jake struje	3—4	109
Utjecaj promjene radnog vremena na opskrbu električnom energijom	3—4	110
Televizija i opterećenje mreže	3—4	111
Povezivanje francuske i britanske mreže istosmjernim visokim naponom	3—4	112
Razvoj potroška električne energije i elektroprivredno investiciono financiranje u zap. Evropi	3—4	113
Povezivanje elektroprivrede Engleske i Francuske	3—4	114
Elektroprivreda u SSSR	3—4	115
Elektroprivreda Belgije u godini 1960	3—4	117
Elektroprivreda Engleske i Walesa	9—10	340
Izgradnja hidroelektrana na Niagari i rijeci Sv. Lovrijenca	7—8	253
Smjernice VDE 0228 za potrebne mjere kod približavanja vodova elektroveza i električnih vodova	7—8	254
Potporni izolatori za velike raspone	7—8	255
O povezanoj mreži u SSSR	5—6	183
Wipplinger dipl. ec. Ljiljana: Kratak prikaz talijanske elektroprivrede u 1960.	3—4	115



GOD. 11 (1962)

energija

BROJ 1 — 2

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA
HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

UVODNA RIJEČ

Malo je kod nas električnih centrala kao što je hidroelektrana Kraljevac, koja slavi pedeset godina svog postojanja i rada, jer ne treba zaboraviti da je električna energija kod nas prvi put primijenjena za javne potrebe u skromnim razmjerima godine 1895.

Iako će o izgradnji hidroelektrane Kraljevac, njenom razvoju i proizvodnji, njenom utjecaju na razvoj šireg područja na kome se nalazi, biti govora detaljnije u pojedinim člancima ove publikacije, smatram za potrebno posebno istaći neke momente.

Hidroelektrana je izgrađena i stavljena u pogon godine 1912. s instaliranom snagom od 32.000 kVA i u to vrijeme bila je najveća elektrana na Balkanu. Kasnijim proširenjem godine 1932. njena je snaga povećana na 84.000 kVA i sve do ulaska u pogon HE Jablanica 1955. bila je najveći elektroenergetski izvor u Jugoslaviji.

Žalosna je činjenica da se u cijelom predratnom periodu ovaj kapacitet hidroelektrane nije u dovoljnoj mjeri iskorištavao. Tek je poslije oslobođenja intenzivna elektrifikacija i industrijalizacija zemlje omogućila potpunije korištenje instalirane snage ove hidroelektrane. Dok je u godini 1932. proizvodnja HE Kraljevac iznosila 88 GWh, odnosno 158 GWh u 1939, s istim kapacitetima i režimom vodotoka njena proizvodnja u 1958. iznosila je 326 GWh. Kakve su velike razlike u porastu proizvodnje u prijeratnom prema poslijeratnom razvoju Jugoslavije najbolje ilustriraju slijedeći podaci. Od 1918. do 1939. na području cijele Jugoslavije proizvodnja je porasla sa 500 na 1100 GWh, a u vremenu od 1945. do 1960. porasla je od 1000 na 10.000 GWh. Drugim riječima dok je za 21 godinu prijeratnog razvoja proizvodnja tek udvostručena, u 15-godišnjem poslijeratnom periodu ona je udesetorostručena. Na samom ovom primjeru jasno se vidi kakvi se rezultati mogu postići kada su sredstva rada dana u ruke naroda i neposrednih proizvođača.

Sve do nedavno opskrba potrošača električne energije dobrim je dijelom ovisila o dobrom radu baš ovog postrojenja. Ovom prilikom želim istaći da je radni kolektiv hidroelektrane Kraljevac svojim savjesnim radom uspješno izvršavao svoje proizvodne zadatke. A bilo je mnogo problema u vezi i s proširenjem kapaciteta, održavanjem i njegovanjem postrojenja kao i s kontinuiranom i stalno povećavanom proizvodnjom. Kakve je sve napore trebalo uložiti da se osigura trajan i nesmetan pogon možda će dobro ilustrirati podatak da je proizvodnja HE Kraljevac u godini 1950. iznosila 35 %, a 1960. godine 200 % više nego u godini 1939.

Iako se s pedesetogodišnjicom rada HE Kraljevac poklapa ulazak u pogon hidroelektrane Split čime se uloga i značaj slavljenika u budućem radu znatno smanjuje, siguran sam da će i u tako izmijenjenim uslovima hidroelektrana Kraljevac naći pravo mjesto koje joj pripada u elektroenergetskom sistemu.

Na kraju koristim priliku da u ime elektroprivrede Hrvatske, kao i u svoje lično ime odam priznanje radnom kolektivu hidroelektrane Kraljevac na uspješnom pedesetogodišnjem radu, da zahvalim svim onima koji su svojim radom doprinijeli da danas možemo slaviti ovaj značajan jubilej.

GLAVNI DIREKTOR
ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

MILOŠ DAMJANIĆ

UZ NAŠ JUBILEJ

Riječ direktora HE Kraljevac povodom pedesete godišnjice hidroelektrane

Koliko bi nam truda bilo uštađeno, kad bismo imali pred sobom pedeset lijepo uvezanih poslovnih izvještaja kakve mi danas izrađujemo i podnosimo svome kolektivu i javnosti.

Danas se međutim pred nas postavio daleko teži i daleko složeniji zadatak. Slaveći pedesetu godišnjicu rada našeg poduzeća, javnost i pojedinci postavljaju niz pitanja, kao što bismo ih postavili i mi svakom javnom radniku, koji je doživio tako značajan jubilej.

I mi smo jedan takav j a v n i radnik.

Svaka druga privredna organizacija stvara i prodaje svoje proizvode unutar užeg kruga. Objavljuje i reklamira njihove prednosti, a prešućuje ili barem ne ističe njihove nedostatke i svoje eventualne kućne slabosti.

Kod električne centrale nije tako. Naš je rad i naš proizvod toliko javan, da je u istome trenu kada je stvoren ujedno i objavljen i izručen javnosti.

I baš istovremenost proizvodnje i potrošnje našeg produkta uslovljava da se bilo kakav kvar ili smetnja u pogonu odmah osjeti kod potrošača električne energije. Potrošači su, prema tome, neposredno informirani o poteškoćama i problemima, koji se kod nas pojavljuju.

Kada bismo danas htjeli iznijeti sve što se u proteklom pedesetgodišnjem radu dogodilo u ovoj elektrani, što je proizvedena električna energija u hidroelektrani Kraljevac značila za ljude i ovaj kraj, to bi bilo teško, skoro nemoguće. Zato smo zamislili, da u ovoj spomenici iznesemo samo najznačajnije podatke iz rada elektrane kao i njezin utjecaj na razvoj ovog područja.

Iako su svi važniji podaci obrađeni i izneseni u posebnim člancima, želim ovdje iznijeti neke karakteristične vrijednosti.

Podaci o proizvodnji od 1912. do 1930., iako nisu sasvim sigurni, ocjenjuju se na circa 70 do 80 milijuna kWh godišnje tj. ukupno oko 1.300 milijuna kWh. Od 1930. do danas podaci su nam pouzdaniji, a možemo ih podijeliti u nekoliko etapa, koje su bile značajne za život elektrane. Tako je od 1930. do 1940. proizvedeno 1.176 milijuna, od 1940. do 1945. samo 324 milijuna, a od 1945. do kraja 1960. godine 3.955 milijuna kWh. Sveukupno je kroz ovih 50 godina proizvedeno oko 6.755 milijuna kilovatsati.

Nabavna vrijednost njezinih osnovnih sredstava iznosi 31. prosinca 1960. godine 3.575 milijuna dinara, a današnja vrijednost nakon izvršenih otpisa 1.141 milijun dinara.

U elektrani je danas zaposleno oko 80 radnika.

To bi eto bili najosnovniji podaci, dok su svi ostali prikazani u pojedinim člancima ili u posebnim tablicama i dijagramima.

Ono što je, s obzirom na našu današnju stvarnost, najkarakterističnije, to su krupne promjene, koje su se zbile u vlasništvu, odnosno u organizacionim oblicima elektrane. One su rezultat naše socijalističke stvarnosti. Oslobođenjem zemlje nakon četirigodišnje mukotrpne i krvave borbe od 1941. do 1945. s okupacionim snagama, sva su prirodna bogatstva zemlje, pa i naša hidroelektrana među prvima, prešla u ruke naroda. Dinamika našeg privrednog kretanja donosila je i razne organizacione oblike: *Elpoh, Minel, Elektrocentar,* pa generalne i glavne direkcije, do osnivanja samostalnog poduzeća i njegovog udruživanja u Zajednicu elektroprivrede Hrvatske.

Radničko samoupravljanje putem radničkih savjeta, biranih prvi put u rujnu 1950. dalo je životu elektrane novi pravac, ali i nove impulse i nove uspjehe. Rezultati postignuti u tom razdoblju, najznačajniji su u svih ovih 50 godina našega opstanka. Ne samo što su kapaciteti elektrane iskorišteni do vrhunca i što je ona dala najviše što je mogla dati i time doprinijela obnovi zemlje i razvoju naše privrede, nego je ona izvršila i značajan preporod u životu svakog člana svoga kolektiva, koji još i danas nosi zastavu »najboljeg radnog kolektiva hidroelektrana Jugoslavije« dobivenu još 1951.

Uz brigu o postrojenjima, briga je o ljudima osnovni zadatak radnoga kolektiva i najglavnija karakteristika radničkog samoupravljanja. Nikada u povijesti ovoga objekta nije toliko uloženo u izobrazbu postojećeg kadra, u tehničku i zdravstvenu zaštitu, kulturno uzdizanje i udoban i zdrav smještaj radnika i njihovih obitelji, koliko u ovom relativno kratkom razdoblju radničkog samoupravljanja.

Ne samo to! Organi upravljanja imali su mnogo razumijevanja i za probleme područja na kom se nalazi i u kom živi elektrana, pa su s Narodnim odborom općine zajednički rješavali zajedničke probleme. Za spomenute je svrhe radni kolektiv izdvojio iz svojih sredstava preko 60 milijuna dinara. Stvari su to za koje nekadašnji upravljači nisu imali nikakva razumijevanja.

Puštanjem u pogon hidroelektrane u Zakučcu (HE Split) naša elektrana gubi u energetskom pogledu mnogo na svome dosadašnjem značaju. Organi upravljanja nalaze se pred dilemom, kako da riješe teškoće, koje se u vezi s time pojavljuju. Tu je problem viška radne snage i iskorištenja postojećeg prostora. Poduzimlju se mjere da se otvori pogon za proizvodnju dijelova elektrotehničke opreme. Za realizaciju toga zadatka postoje svi uvjeti: prostorije, skladišta, upravne i stambene zgrade, energija za pogon, voda i odgovarajući kadar. A i sredstva za realizaciju ove akcije kolektiv će osigurati.

Iznijevši u ovoj spomenici sve što smo smatrali da je u ovakvoj prilici potrebno, zahvaljujem u ime kolektiva svim čestitarima, svim znanim i neznanim poslovnim prijateljima i drugarski ih pozdravljam.

U Kraljevcu 13. travnja 1962.

MARIN ČIZMIĆ
direktor Hidroelektrane Kraljevac

UTJECAJ HIDROELEKTRANE KRALJEVAC NA GOSPODARSKI I DRUŠTVENI PREPOROD DALMACIJE

Ernest Radetić, Zagreb

Hidroelektrana Kraljevac, koja ovih dana navršava pedeset godina svoga postojanja, a koja je sve do nedavno bila jedna od najvećih na Balkanu, odigrala je u životu Dalmacije veoma značajnu ulogu. Opskrbljujući jeftinom električnom energijom u velikim količinama najveći dio industrije u Dalmaciji, ona je mnogo doprinijela ekonomskom i društvenom preporodu te pokrajine, koja je dugo bila smatrana zaostalom i pasivnom, unatoč mnogim prirodnim bogatstvima i nalazištima raznovrsnog rudnog blaga.
Autor izlaže razloge prodiranja talijanskog kapitala u Dalmaciji, koji je i izgradio ovu elektranu, prikazuje razvoj industrije pokretane snagom iz te elektrane, stvaranje industrijskog radništva, te društveni preobražaj, kao posljedicu elektrifikacije i industrijalizacije zemlje, a sve zahvaljujući golemim količinama jeftine električne energije, koju je Kraljevac godinama stavljao na raspolaganje tamošnjoj privredi.

DK 621.311.21

Pojam bogatstva ili siromaštva nekoga kraja, njegove aktivnosti ili pasivnosti, veoma je relativan. Čim negdje čujemo riječ »krš i kamen« već pomišljamo na siromaštvo i bijedu, dok s druge strane pri riječima »plodne ravnice« zamišljamo bogatstvo i obilje, ljude dobro ugojene i zadovoljne.

Sasvim pogrešno! Svaki kraj ima i svoju aktivu i svoju pasivu, svoje bogatstvo i svoje siromaštvo, svoje vrednote i svoja bezvrijeđa.

A osim toga pri svakoj takvoj ocjeni ne smijemo nikada zanemariti najveću i najdragocjeniju vrednotu stanovitih, pa i naoko pasivnih i siromašnih krajeva: čovjeka. Čovjeka po prirodi bistra, inteligentna, snalažljiva i prodorna, konstruktivna stvaraoca. Posjeduje li on uz to još i prirodnu etiku, onda nema veće vrednote i većega bogatstva.

U takvim krajevima treba samo znati pronicavo osloboditi i aktivirati tisućljećima nagomilavane beskrajne snage prirode i čovjeka . . .

Dalmacija je, po općenito uvriježenom mišljenju, »krš i kamen«. Sa svim epitetima, koji tome slijede. Siromašna!

I opet: sasvim pogrešno!

Dalmacija je već pod kraj prošloga stoljeća bila poznata zbog svog prirodnog bogatstva. Ne, doduše, »plodnih ravnica«, nego zbog premnogih nalazišta raznog rudnog blaga: ugljena, asfalta, tupine (tako u Dalmaciji nazivaju cementni lapor), boksita, sadre, mramora, građevinskog kamena i soli.

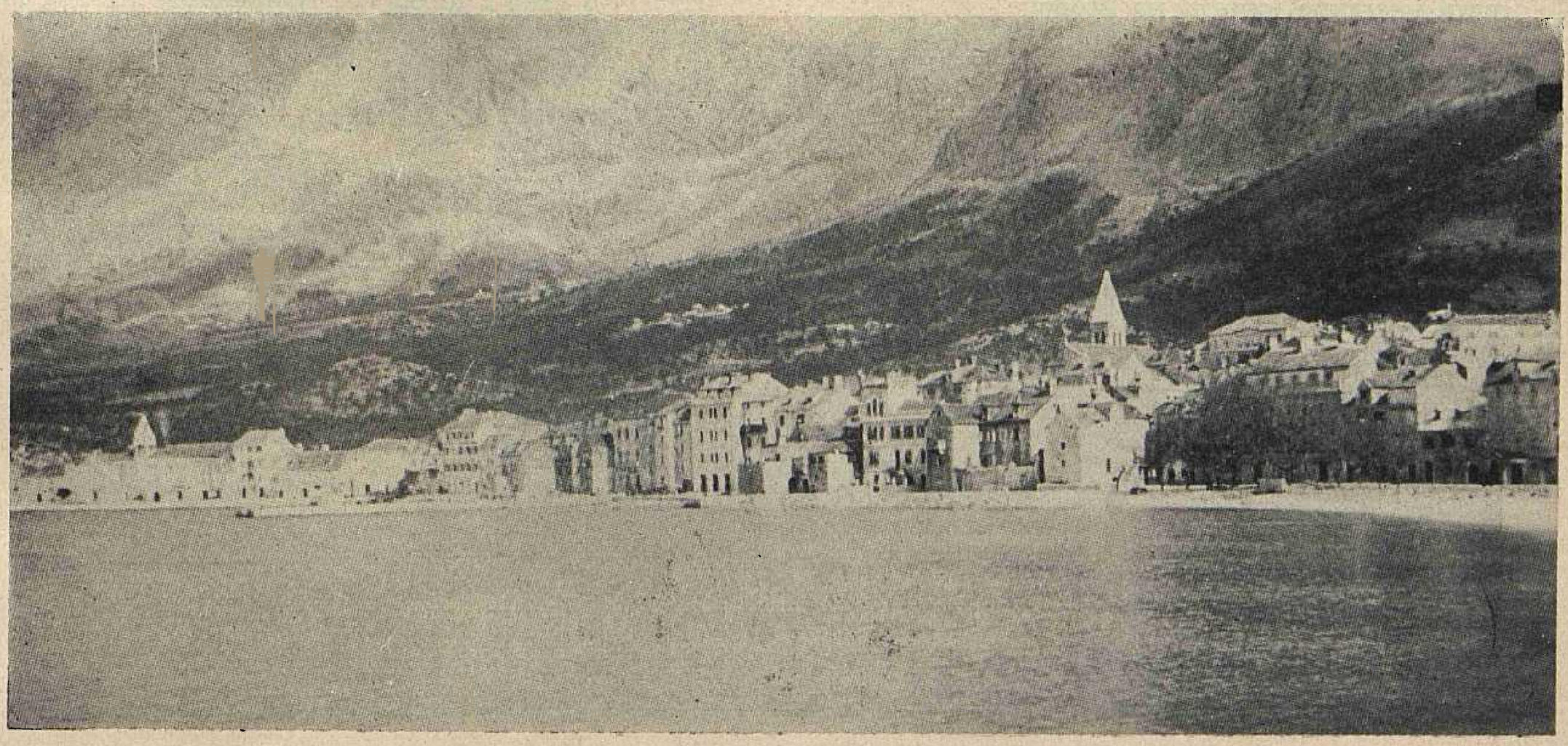
O moru, tom nepresušnom izvoru bogatstva jednoga naroda, da i ne govorimo! (*Tko posjeduje more — posjeduje bogatstvo, tko posjeduje bogatstvo — posjeduje moć, tko posjeduje moć — taj ima vlast, a tko ima vlast — taj je gospodar svijeta.* Tako glasi stoljetna parola Engleza.)

O vodnim snagama Dalmacije, svakako jednim od najvažnijih prirodnih bogatstava zemlje, u ono se doba još nije toliko govorilo.

Dalmacija je tada bila u sklopu prostrane Austro-Ugarske Monarhije. Zabačena periferna pokrajina, važna jedino zbog mora i nekoliko prikladnih luka za ratnu mornaricu.

Njezinom gospodarskom uzdizanju nije se posvećivala nikakva pažnja. Gotovo svi zahtjevi i peticije tadašnjeg »Zemaljskog sabora dalmatinskog« central-

Makarska 1912, glavno mjesto za transport materijala i strojeva kod izgradnje HE Kraljevac



noj vladi u Beču odnosili su se isključivo na jadikovke zbog teških ekonomskih prilika i neriješenih ekonomskih problema pokrajine.

Kako je pak Austrija imala u drugim zemljama prostranoga carstva svih mogućih prirodnih bogatstava, zbog Dalmacije ju je malo boljela glava.

Prvi, koji se je krajem prošloga vijeka počeo zanimati za prirodna blaga i rudna nalazišta Dalmacije bio je talijanski kapital.

Susjedna je Italija, naime, nakon »risorgimenta« i ostvarenog ujedinjenja, mladenačkim — da se tako izrazimo — elanom nastojala zaigrati u međunarodnoj politici kakvu-takvu ulogu, a to se nije dalo postići bez jake ekonomske podloge. Zato je njezin mladi kapital napregnuo sve svoje snage, da izgradi vlastitu jaku industriju, snažno pomorstvo na tradicijama Genove i Venecije.

Na diobu kolonija početkom i sredinom prošloga stoljeća, a koje su za evropske industrijske zemlje bila glavna sirovinska baza, stigla je prekasno. Njezin pokušaj kolonizacije u istočnoj Africi doživio je vojnički neuspjeh. Nisu uspjeli ni drugi neki vojnički pokušaji njezine teritorijalne ekspanzije, pa se je zato morala zadovoljiti ekonomskom penetracijom u pojedine susjedne zemlje. (Ta je ekonomska penetracija, kako se je kasnije pokazalo, često imala i političku iredentističku pozadinu).

I zaista uskoro vidimo, kako se početkom ovoga stoljeća u Dalmaciji pojavljuju mnoga talijanska društva sa svrhom eksploatacije dalmatinskih prirodnih bogatstva, u prvo vrijeme naročito ugljena, na kojem je Italija oduvijek oskudijevala. A za razvoj njene mlade industrije i njenog pomorstva, otkako se sa jedrenjaka prešlo na parni pogon brodova, Italiji je ugljen bio od životne potrebe.

Kolika je bila ta potreba u to doba u Italiji i koliko se smatrala važnom eksploatacija dalmatinskih ugljenokopa, može se najbolje zaključiti po tome, što je talijansko društvo, koje je eksploatiralo nalazišta u Siveriću, bilo pripravno da o svom trošku sagradi željezničku prugu od Siverića do Šibenika, kako bi njome moglo prevoziti ugljen za svoje potrebe do mora i izravno tovariti na brodove.

I tako je talijanski kapital, dijelom izravno, dijelom preko svojih tršćanskih eksponenata, koji su, kao austrijski državljani, imali veća prava i prvenstvo pri eksploataciji, osnivao društva, ne samo za iskorištavanje ugljenika, nego i drugih rudnih nalazišta.

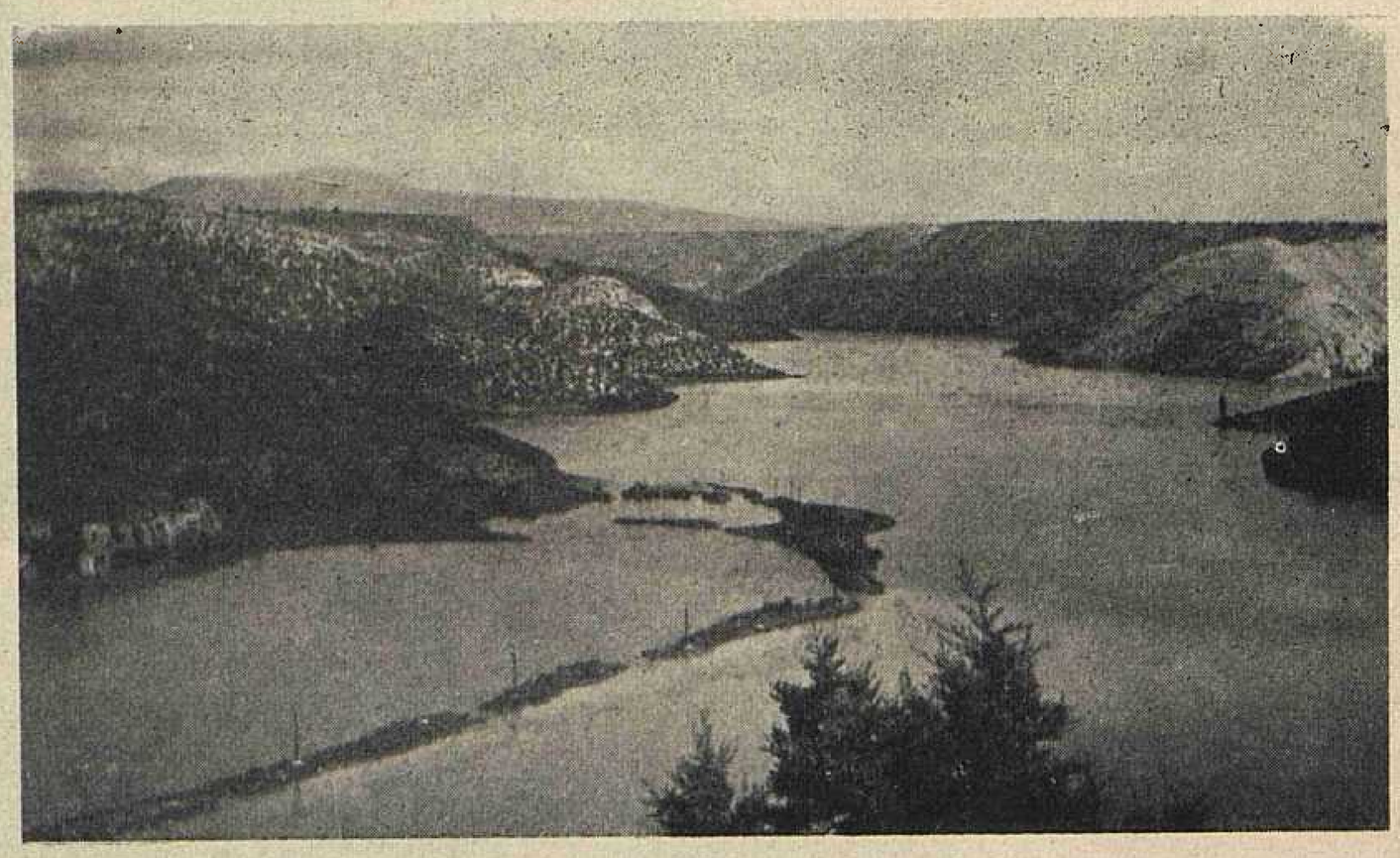
Zalihe cementnog lapora u obalnom pojasu Dalmacije, koje se cijene na jednu i pol milijarde tona, omogućile su tom kapitalu ne samo podizanje tvornica cementa u zemlji, nego i direktan izvoz sirovina, koja se onda prerađivala u Italiji. Prije prvog svjetskog rata četiri su dalmatinske tvornice, sve vlasništvo talijanskog kapitala, proizvodile 1520 vagona prvorazrednog cementa mjesečno, dok se istodobno iz Dalmacije izvozilo godišnje do 500.000 tona tupine. Tu dalmatinsku tupinu prerađivalo je na drugoj strani Jadrana u raznim mjestima istočne Italije ništa manje nego 25 talijanskih tvornica, a k tome još jedna u Aleksandriji u Egiptu.

Dalmacija, taj »krš i kamen«, obiluje i golemim nalazištima boksita. Dalmatinske zalihe boksita zajedno sa bogatim nalazištima u Hercegovini u dolini Rame, iznose preko 100 milijuna tona. Boksit i aluminij prerađuje sada tvornica u Lozovcu, a na tisuće vagona prevozi se čak u Sloveniju na preradu u Kidričevo, bivše Strnišče, dok se sam aluminij prerađuje u valjaonici u Ražinama.

I konačno dolazimo do onoga, što je u ovom našem prikazu skoro najvažnije: do vodnih snaga, njihova iskorištavanja i njihove uloge u ekonomskom i socijalnom preporodu Dalmacije.

Uvod možda nešto dugačak, ali potreban za upoznavanje i razumijevanje mnogih kasnijih zbivanja, jer mnogima do ovoga časa možda i nisu bile sasvim jasne pojave tolikih talijanskih naziva mnogobrojnih industrijskih društava po Dalmaciji, među ostalim i samog SUFID-a, koji je izgradio našeg jubilarca hidroelektranu Kraljevac.

Dalmacija obiluje, rekosmo, vodnim snagama. Njezine rijeke Krka i Cetina poznate su po svojim velikim kapacitetima, pa je i njihovo iskorištavanje počelo vrlo rano i to od već spomenutog stranog kapi-



Velika voda Cetine nizvodno od elektrane

tala. Centralu na Manojlovcu gradi SUFID za opskrbu svoje tvornice karbida i cijanamida u Crnici kraj Šibenika, a zajedno sa Šuputom on je koristio i centralu u Jaruzi.

Za potrebe ugljenika »Monte Promina« u Siveriću i »Dalmatia« u Velušiću izgrađena je centrala na Roškom Slapu. Vlasnici »Adria-portland cementa« u Splitu iskorištavaju vode Jadra, a SUFID gradi u Kraljevcu centralu, odakle dovodi struju 23 km dugim dalekovodom do Dugog Rata za isključive potrebe svoje nove velike tvornice karbida i cijanamida.

Tu počinje i rodoslovlje našega jubilarca — Hidroelektrane Kraljevac.

Mjeseca ožujka 1912. — Točno prije 50 godina!

Do pojave hidroelektrane Kraljevac i njene blagotvorne uloge u ekonomskom i društvenom preporodu zemlje, o nekoj se jačoj industriji u Dalmaciji ne može govoriti.

Istina je, a to smo već spomenuli, da je talijanski kapital u šibenskom bazenu, oko Drniša, pa i u neposrednoj okolici Splita, već u skromnim okvirima, razvio stanovitu industriju, koja se tada zapravo istom počela razvijati.

Do prvog svjetskog rata to su zapravo i bile jedine tvornice. Čak ni poslije rata, kada je Dalmacija nakon raspada Austro-Ugarske Monarhije ušla u novu državnu zajednicu, pa je izgledalo da će zbog svojih prirodnih osobitosti, zbog mora toliko potrebnog bogatom zaleđu, odigrati neku važnu ulogu, njezina se industrija dugo vremena nije mogla pravo razviti.

Prema jednoj statistici u čitavoj je Dalmaciji 1923. bilo zaposleno u industriji u svemu samo 9.347 osoba. Od toga u tvornicama cementa 2.750, tvornicama karbida 2.000, tupine 526, ciglanama 500, morske soli 500 i ribljih konzervi 1.200 (ovdje međutim samo kroz tri mjeseca u godini za vrijeme sezone lova riba). Sve ostalo bili su sitni poduzetnici ili zadruge.

Naravno da kod 625 tisuća stanovnika, koliko ih je tada brojila Dalmacija, ovih devet tisuća radnika nije moglo dati obilježje zemlji, u kojoj se preko 83 % pučanstva bavi isključivo obrađivanjem siromašne zemlje i to u nesređenim agrarnim odnosima, dok se ostatak kini, što mlateći more po svim oceanima, što tražeći sreću u prekomorskim zemljama.

Prekretnicu u ekonomskom, a slijedom toga i u društvenom životu zemlje čini datum 1. siječnja godine 1927. Toga je naime značajnoga datuma grad Split sa svojim užim i širim područjem spojen dalekovodom, 17 km dugačkim, s Dugim Ratom i priključen na hidroelektranu u Kraljevcu.

Njegovom je mrežom toga časa prostrujila energija iz Kraljevca, uvijek raspoloživa, u svakom času i u svakoj potrebnoj količini. A kada su nekoliko godina kasnije — 1932 — prošireni i kapaciteti ove hidroelektrane, stvorene su još veće mogućnosti za razvoj grada i njegovog šireg područja.

Dotadašnja industrija dobiva novi polet: vrlo jeftinu i kvalitetnu energiju u svim potrebnim količinama, što neobično pogoduje njezinu razvitku. Paralelno s time širi se i luka, i promet i trgovina a životni se standard pučanstva, građana i težaka, povisuje. Potrošak električne energije u kućanstvu po čovjeku — što je jedan od vrlo karakterističnih znakova poboljšavanja životnog standarda — spada u Splitu među najviše u našoj zemlji.



Kanjon Cetine sa slapovima Gubavice

Broj stanovnika grada naglo raste i za dvadeset se godina podvostručuje. Izrastaju čitave nove četvrti grada.

Proizvodnja hidroelektrane sve se više i više penje. Milijuni i milijuni kilovatsati prelijevaju se sada vodovima raznih napona, pokreću strojeve i stvaraju nova dobra. Njezina uloga u ekonomskom preporodu zemlje postaje sve vidnija.

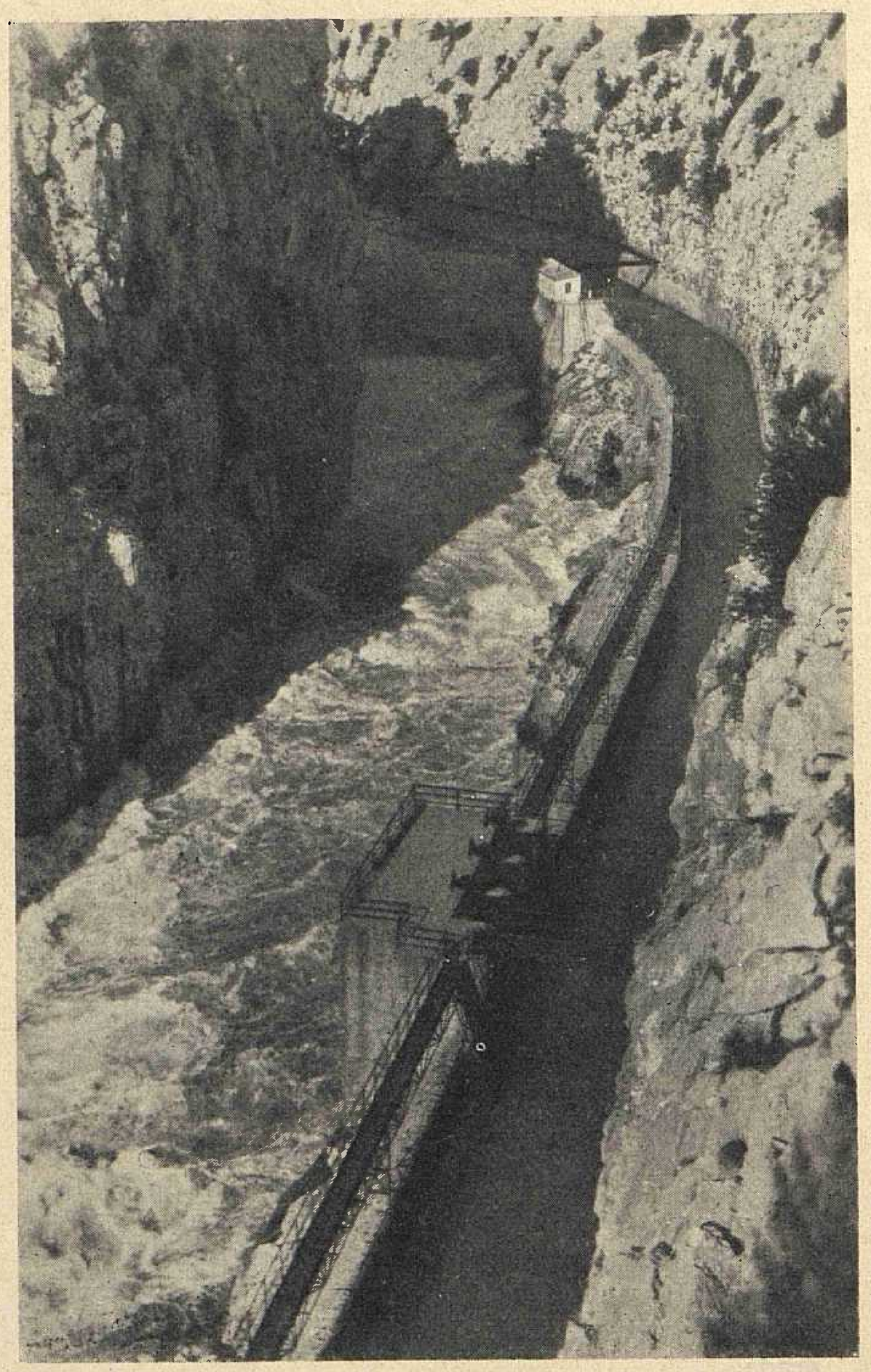
Ali sasvim neprimjetno, nevidljivo, kao što je nevidljiva i sama energija, hidroelektrana Kraljevac stvara i drugu jednu vrednotu: n o v o g a č o v j e k a.

Ako je nedostatak obradive zemlje u Dalmaciji godinama izazivao razne ekonomske i političke procese: masovne seobe i mijenjanje zanimanja, hidroelektrana Kraljevac kao pokretač tvornica i strojeva stvara sada t v o r n i č k o g r a d n i k a.

A tvornički radnik, težačkog podrijetla, koji je u sebi ponio prirodnu bistrinu i širinu zemlje i unio je u tvornička postrojenja, postaje dalekovidniji, borbeniji i stroži kritičar nepravde i socijalne neravnopravnosti negoli drugi.

Tako je i dalmatinsko radništvo vrlo rano započelo svoju borbenu i revolucionarnu djelatnost.

Već 1895. splitski radnici provode štrajk i uspijevaju ishoditi 10-satno radno vrijeme. Krajem 1896. osnivaju prve svoje organizacije »Savez među radni-



Dovodni kanal uz Cetinu

cima«. Godine 1902. počinju djelovati radnički sindikati. Godine 1909. povezuju se s težacima i u rujnu provode generalni štrajk u kojem sudjeluje 1.500 radnika i nekoliko tisuća težaka. Godine 1912. vode štrajk u tvornici cementa »Split« u Majdanu, a u veljači 1914. u tvornici cementa u Kaštel-Sućurcu, u kojem učestvuje 1.208 radnika. Prvog svibnja 1918. splitski su radnici potpuno obustavili rad i paralizirali cijeli grad. Iste godine pokreću i svoje »Radničke novine«, koje se 1919. zbog zabrane prekrštavaju u »Oslobođenje«.

Već do prvog svjetskog rata u Dalmaciji je izraslo mnogo radničkih prvoboraca, ljudi odanih radničkom pokretu, spremnih da pođu u susret i najtežim događajima.

Godine 1919, na 14. prosinca, štrajkuju sve tvornice cementa u Splitu i okolici. Na 11. srpnja 1920. izbijaju velike protutalijanske demonstracije u Splitu, protiv talijanskih presizanja i izazivanja. Demonstranti ubijaju komandanta talijanskog ratnog broda »Puglia« i jednog mornara, a dvojicu teško ranjavaju.

Politički, radnici se orijentiraju prema Komunističkoj partiji. Na izborima 27. studenoga 1920. od 88.836 birača Komunistička partija dobiva 49.962 glasa ili 56 %. Industrijski centri predvode. Od 3.606 glasača u Splitu 1.298 ih glasa za Partiju, u Solinu od 946 glasova KP dobiva 547, i tako redom: u Sinju, Trogiru, Omišu i dr.

Razdoblje između dva rata ispunjeno je u Dalmaciji čestim generalnim i pojedinačnim štrajkovima, demonstracijama i nerijetko krvavim borbama radnika i težaka protiv nenarodnih režima, protiv žandarskog i policijskog nasilja.

U Dalmaciji i nakon »Obznane« i »Zakona o zaštiti države« i nadalje postoji velik broj aktivnih boraca za radnička i ljudska prava, koji su organizirano i spontano pokretali široke mase.

I u toj činjenici treba pored ostalog tražiti uzročnike snažnog pokreta, koji je prigodom kapitulacije stare Jugoslavije od prvog dana talijanske okupacije pružio otpor okupatoru. Otpor, koji je prerastao u organiziranu akciju, masovne pokrete, štrajkove i sabotaže, da na koncu uzme kao organizirana cjelina u ruke oružje i ishodi — nakon krvave borbe i uz nebrojene žrtve — konačni slom i kapitulaciju okupatora . . .

I opet je okrenut jedan list povijesti našega naroda. Ali istodobno i povijesti hidroelektrane Kraljevac, koja je bila pokretač ekonomske egzistencije desetaka tisuća, pa prema tome i značajan faktor u razvoju radničkog pokreta u Dalmaciji.

Zadnji list, što ga ona ispisuje posljednjih sedamnaest godina, od 1945. na ovamo, svi mi svakodnevno čitamo: centrala se obnavlja i usavršava, dotjeruju se postrojenja, sve novi i novi milijuni kilovatsati izlaze, dalekovod je produžen do Zadra, čak do Zagreba, a kreće i prema Mariboru. Usput se dižu nove tvornice, nova gradilišta, elektrificiraju se novi krajevi, nova naselja. Dalekovodi se produžuju i na otoke, kojima daju nove životne sokove. Split raste, prešao je već i stotu tisuću stanovnika. Na hiljade se i hiljade strojeva neumorno okreće danju i noću bez prestanka, stvarajući nova dobra, nova bogatstva.

Tvornice rade, radilišta grade, i kruha za svakog imade. Duševno se obzorje ljudi i u najzabitnijim selima proširuje: sklopka se odvrne, utikač se ukopčava, radio progovara i naše, do nedavna najzapuštenije selo, uspostavlja vezu s najudaljenijim krajevima svijeta.

A hidroelektrana u Kraljevcu i dalje šumi i zuji. Slapovi se ruše u milijunima kristalnih kapljica, turbine se još uvijek okreću i nastavljaju i danas, nakon pedeset godina, svoj blagotvorni ekonomski i društveni preporod zemlje . . .

E, pa hvala joj! Velika hvala na svemu što je stvorila i dala.

Naslov pisca: Ernest Radetić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

POČECI ENERGETSKOG KORIŠTENJA VODNIH SNAGA NA PODRUČJU DALMACIJE

Ante Celegin, Split

Hidrografske karakteristike, topografski odnosi i velike količine oborina, iako neravnomjerne u toku godine daju mogućnost iskorišćenja vodnih snaga kopnenog dijela Dalmacije u veoma povoljnim uvjetima.
Do početka ovoga stoljeća te su vodne snage iskorišćivane uglavnom na primitivan način. Gradnji hidroelektričnih postrojenja intenzivnije se pristupilo nešto pred prvim svjetskim ratom, a nastavilo punim tempom istom nakon drugog svjetskog rata.
Autor daje iscrpan prikaz tih iskorišćivanja od prvih početaka do najnovijeg vremena, po pojedinim vodnim područjima.

DK 621.22 : 620.92

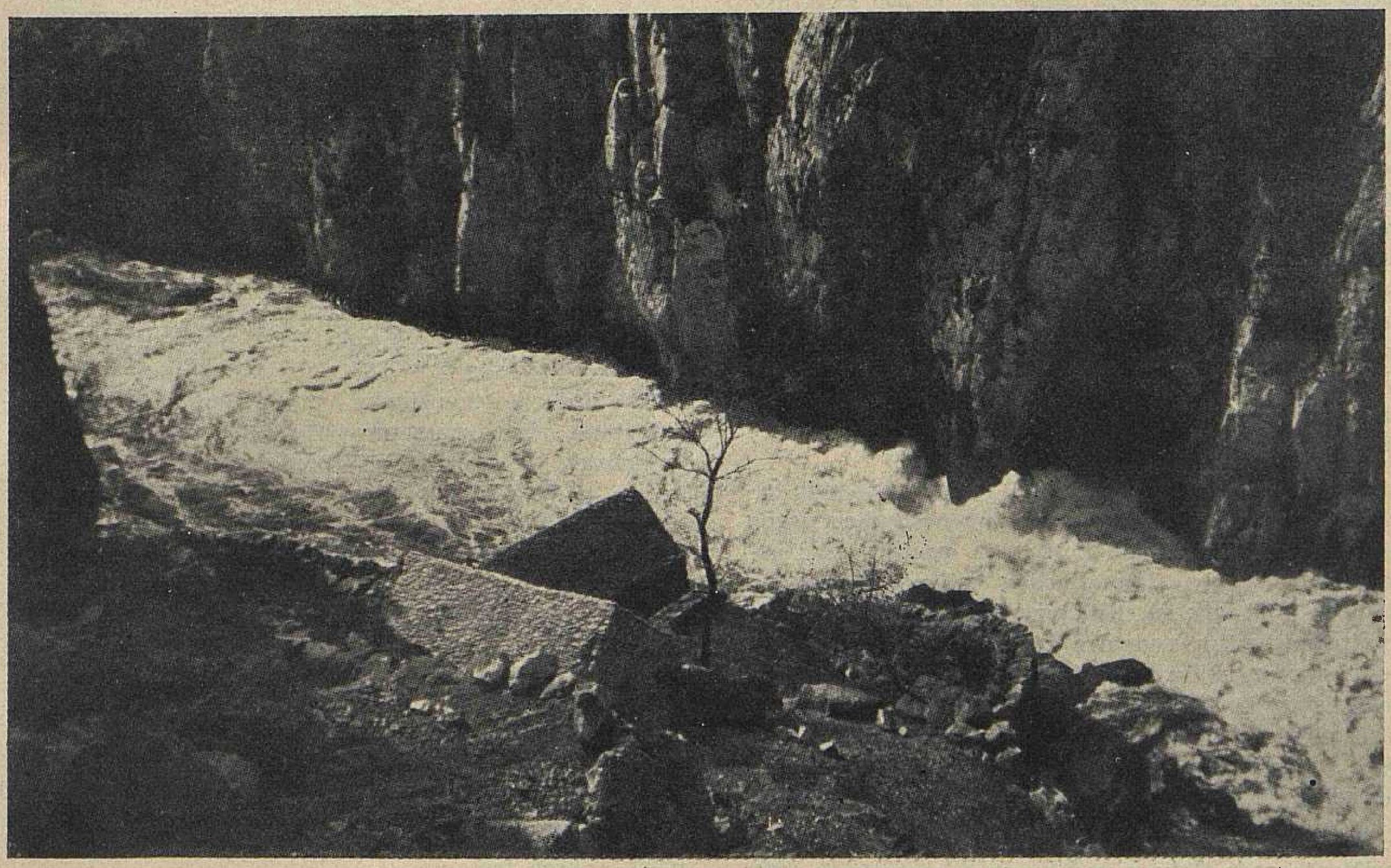
Dinarska kraška oblast Jugoslavije, koja u geološkom, geomorfološkom i hidrološkom pogledu predstavlja jedinstvenu cjelinu, odlikuje se u dalmatinskom području razvijenom podzemnom hidrografskom mrežom i veoma razvijenim geomorfološkim oblicima reljefa. Površinske vode, koje se obično javljaju kao manji ili veći izvori, gube se najvećim dijelom u ponore da bi nastavile svoj tok podzemnim putovima. Ukoliko i ima površinskih tokova, njihov početak i njihov tok je usko povezan s podzemnim otjecanjem. Te hidrografske karakteristike, povoljan reljef, topografski odnosi i velike godišnje količine oborina, iako neravnomjerne u toku godine, daju mogućnost iskorištenja vodnih snaga kopnenog dijela Dalmacije u veoma povoljnim uvjetima.

Pored poljoprivrede, koja se i danas razvija u ono malo kraških polja u posebnim uvjetima, koji su permanentno utjecali na slabljenje proizvodne moći poljoprivredne proizvodnje, vodne snage predstavljaju na dalmatinskom kršu glavni potencijalni izvor. Vrijednost hidroenergije iskorištena na dalmatinskim vodotocima utoliko je povoljnija s obzirom na mogućnost izgradnje vanredno ekonomičnih hidroelektrana, koje stvaraju energetsku bazu za intenzivan razvoj industrije.

Do početka ovog stoljeća vodne snage Dalmacije iskorištavane su uglavnom primitivnim hidrauličkim postrojenjima: prastarim mlinicama za žito (vodenicama) i stupama — badnjima za sukno. Od 397 mlinica s ukupno 988 pari kamenova, koliko ih je još bilo iza drugog svjetskog rata, 70 % ne radi tokom cijele godine zbog nedostatka pogonske vode, bilo da je nema dovoljno ili što potoci i bujice, na kojima su mlinice građene, presušuju.

Naročito ih ima na vodopadima i brzacima Krke, Zrmanje, Butišnice, Jadra i Vrlike. One se postepeno napuštaju. Mnoge predstavljaju prirodnu rijetkost s obzirom na tip i način izgradnje njihovih hidrau-

Cetina u kanjonu



ličkih naprava i funkciju, koju imaju u biološkom izgrađivanju i očuvanju sedrenih barijera u vodotoku.

Vodne snage iskorištavane su i za hidraulički pogon crpki nekih vodovoda: Šibenika, Sinja, Kistanja i Imotskog.

Gradnjom hidroelektričnih postrojenja započelo se krajem prošlog stoljeća, a nastavljeno je intenzivnije nakon prijeloma stoljeća, od kada datiraju i prve akcije na ekonomskom unapređenju Dalmacije prema programu dalmatinskog sabora iz 1907.

Hidroelektrane na Krki

Prvu hidroelektranu Dalmacije HE Jaruga, izgradila je 1895. firma »Šupuk« iz Šibenika, na Skradinskom buku Krke.

Ante Šupuk je iskoristio visinu pada od 10 m kod Skradina na rijeci Krki i u elektrani instalirao jednu turbinu s jednofaznim generatorom 300 kVA, 3.000 V, 42 per., i generatorskim naponom prenosio 10 km do Šibenika energiju za pogon mlinova, uljara, tvornica tjestenine i električnu rasvjetu grada Šibenika. Godina izradnje ove elektrane može se smatrati kao početna u razvoju energetsko-industrijskog korištenja dalmatinskih vodnih snaga.

U težnji da proširi ovo prvobitno relativno malo postrojenje i tražeći interesente u tu svrhu, A. Šupuk se povezao s talijanskim društvom za kalcijev karbid u Rimu (»Società Italiana per il Carburo di Calcio«) koje je od godine 1900. imalo u Terniju kod Rima jednu, za ondašnje prilike, značajnu tvornicu. Ovo je poduzeće podiglo 1897—1898. godine na istom mjestu rijeke Krke drugu elektranu od 300 kVA koja je služila za pogon pokusne tvornice karbida izgrađene u neposrednoj blizini.

Već te prve hidroelektrane pokazuju s vodoprivrednog aspekta karakteristike divljeg i neracionalnog korištenja vodnih snaga, kakve će imati i sve ostale hidroelektrane izgrađene u Dalmaciji početkom ovog stoljeća: iskorištavanje samo jednog dijela ukupnog pada odnosnog poteza rijeke, na kome su građene, i to baš najunosnijeg dijela, u kome je pad najviše koncentriran, te traži najmanju dužinu derivacije; korištenje samo jednog dijela protoka rijeke na tom potezu; uslijed pomanjkanja akumulacije radi izravnanja neravnomjernih protoka one su izrazito protočnog tipa.

Ove negativne karakteristike tada izgrađenih hidroelektrana u Dalmaciji nisu samo posljedica uskog računa rentabiliteta onih koji su ih gradili, već i zastarjelih odredaba dalmatinskog zakona o vodnom pravu iz 1873. koje su zaštićivale prava upotrebe vode i najprimitivnijih vodenica i nisu omogućavale njihovu ekspropriaciju ni u slučaju racionalnijeg hidroenergetskog korištenja vode za javne i opće potrebe. Na osnovu odredaba tog zakona nisu mogla biti izvlaštena čak ni neobrađena zemljišta, za potrebe hidroenergetskog korištenja javnih voda.

To je i razlog upravo nerazumljivom tretiranju korištenja voda Krke u vodopravnoj koncesiji iz 1893. danoj firmi »Šupuk« za izgradnju HE Jaruga. Naime, na Skradinskom buku prelijeva se protok Krke preko cijele širine barijere. Pri srednjoj i maloj vodi protok se prirodno dijelio skoro podjednako na lijevu i desnu stranu. Firma »Šupuk« — koja je imala svoje vodenice u donjem dijelu lijeve strane Buka, i koja je na osnovu toga i dobila koncesiju za iskorištavanje vode Krke do količine od 25,71 m³/sek ali samo na padu od 25,20 m od ukupne visine Buka 45,70 m (gornji dio pada iskorištavalo je nekoliko vodenica drugih vlasnika) — trebala je da pomoću projektiranih niskih pregrada na samom Buku zahvata pri niskom vodostaju i jedan dio voda, koje su prirodno otjecale desnom stranom Buka, na kojoj su postojale vodenice skradinskih imućnika, i da ih skrene na svoju lijevu stranu. Ovo iz razloga, što minimalni protok Krke na Buku padne i na 6 m³/sek. Borba, koju su protiv tog projekta poveli posjednici tih mlinica (Boreli, Marasovići, Dudan) trajala je preko 10 godina. Vođena je preko javne štampe, u dalmatinskom saboru i bečkom parlamentu. Tužbe su glasile i zbog falsificiranja javnih isprava i zapisnika administrativnih rasprava. Projektirane pregradice na Buku nisu izgrađene, ali nikada nije došlo ni do hidroelektričnog iskorištenja voda desne polovine Buka po ondašnjem projektu »De Piette«. Međutim nakon izgradnje nove HE Jaruga svi njeni korisnici stalno su »kupovali« vodu desne polovine Buka u periodu niskog vodostaja Krke radi privođenja na lijevu stranu sezonskim niskim zahvatima u mnogobrojnim tokovima po Buku.

Međutim, rimsko je poduzeće zapalo u krizu i osnovalo je drugo društvo »Società Anonima per la Utilizzazione delle Forze Idrauliche della Dalmazia«, skraćeno »Sufid« u Trstu, koje je preuzelo njegove obaveze i koncesije u Dalmaciji i postepeno izgradilo godine 1904. na Skradinskom buku Krke novu *HE Jaruga* sa *6.000* kVA, a godine 1905/06. na Krki *HE Manojlovac* sa *24.000* kVA.

Koncesija za novu hidroelektranu Jaruga datira iz godine 1903. s istim koncesioniranim padom od 25,20 m kao i u koncesiji iz 1893. firmi »Šupuk«.

Malu HE Jaruga firma »Šupuk« napustila je 1912., ali je prema ugovoru sa »Sufidom« zadržala pravo snabdijevanja Šibenika energijom za obrt i osvjetljenje. Na temelju istog ugovora HE Jaruga, izgrađena od »Sufida«, prešla je 1930. u svojinu »Šupuk«, koja je 1937. provela rekonstrukciju postrojenja. Dvije nove turbine imaju snagu po 4.000 KS (kod 15 m³/sek) a generatori po 4.000 kVA. Produkcija energije namijenjena je potrebama Šibenika i tvornice aluminija u Lozovcu. Nakon drugog svjetskog rata ovo je postrojenje prešlo u općenarodnu imovinu.

HE Manojlovac (Miljacka), druga je elektrana, koju je društvo »Sufid« izgradilo na osnovu vodopravnih koncesija iz 1901. i 1904. za potrebe svojih tvorničkih postrojenja u Crnici. I ova hidroelektrana koristi samo pad serije slapova Miljacke od 110 m (Miljacka, Manojlovac i Brkljan) ostavljajući neiskorištenu uzvodnu stepenicu od 18,20 m — Bilušića buk. S korištenjem koncesionirane količine vode do 25 m³/sek imala je instaliranu snagu sa 4 turbine od ukupno 24.000 KS.

Prema koncesijama bilo je potrebno ostavljati u koritu uvijek bar 1,5 m³/sek za potrebe mlinica i opće namjene. Međutim korisnici su uvijek »kupovali« u ljetnom periodu tu vodu, uslijed čega korito Krke ljeti postaje suha jaruga, a sedrene barijere postepeno propadaju.

Nakon rata HE Manojlovac je prešla u općenarodnu imovinu. Kod njene rekonstrukcije instalirane su tri nove turbine po 9.150 KS, a jedna je stara generalno popravljena. Povišenjem brane u koritu Krke omogućeno je stvaranje akumulacije od 300.000 m³, potrebne za pokrivanje dnevnih vršnih opterećenja.

Ugljenokopna društva »Monte Promina« u Siveriću i »Dalmatia« u Velušiću izgradila su u 1909/1910. *HE Roški slap,* zahvatajući samo jedan dio širine slapa odnosno njegove vode (drugi dio koriste mnoge vodenice) iskorišćujući pad od 19,20 m od ukupne visine slapa od 26,10 m. Produkcija energije namijenjena je potrebama ugljenokopa. Po završetku rata hidroelektrana je prešla u općenarodnu imovinu i radi za potrebe rudnika u Promini.

Na osnovu sistematskih hidroloških proučavanja, geoloških istraživanja i energetsko-ekonomskih analiza, izvršenih poslije rata, izradio je 1952. »Elektroprojekt« u Zagrebu osnovni projekt hidroenergetske izgradnje Krke. Njene bi vodne količine bile uvećane dovodom izravnanih voda u akumulacijama Radljevca, Zrmanje i Butišnice. Pored nove HE Marjanovići nizvodno od ušća Butišnice, predviđene su nove hidroelektrane derivacionog tipa: HE Manojlovac za sva četiri slapa grupe Miljacka i Bilušića buk — za bruto-pad 134 m; HE Roški slap — za pad 26 m; HE Jaruga — za bruto-pad 45,30 m. Ove bi hidroelektrane radile s izravnanim vodama HE Marjanovići i međudotokom. Ukupna instalirana snaga predviđena je sa 87,19 MW a ukupna godišnja proizvodnja sa 492 GWh.

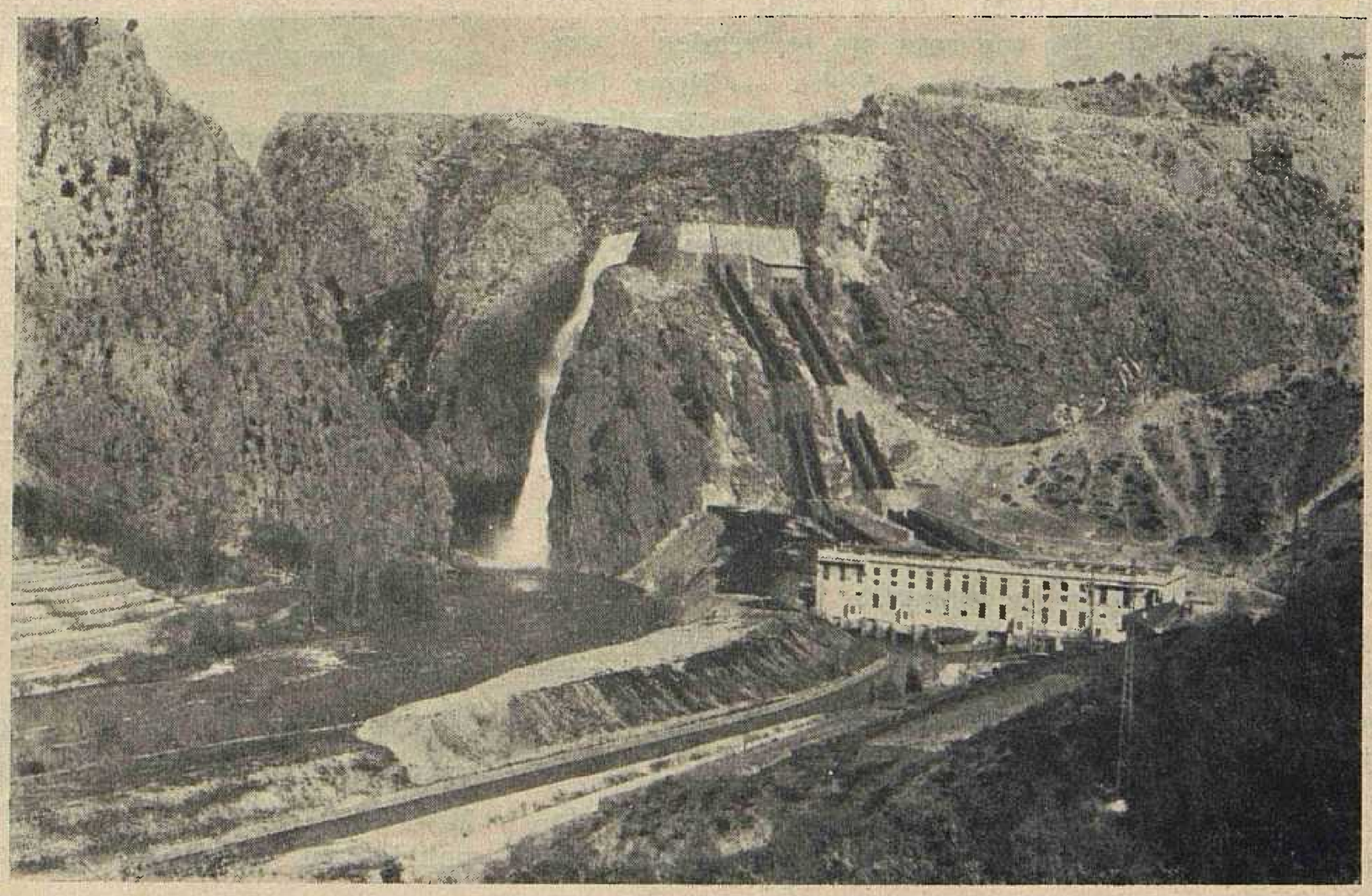
Hidroelektrane na Cetini

Još krajem prošlog stoljeća započeta su hidrološka proučavanja režima Cetine u cilju iskorištavanja njenog, odavna uočenog hidroenergetskog potencijala. Takav projekt iz 1899. koji su izradili ing. Dešković i Wagner, bio je odbačen, jer je uvjetovao zadržavanje režima inundacija svih polja u užem i širem slivu Cetine. Prerađen je za manju iskoristivu količinu vode — do 25 m³/sek, ali na koncentriranom padu Male i Velike Gubavice kod Zadvarja od svega 87 m, što predstavlja mali dio od ukupne visine od 292 m na potezu Trilj — more.

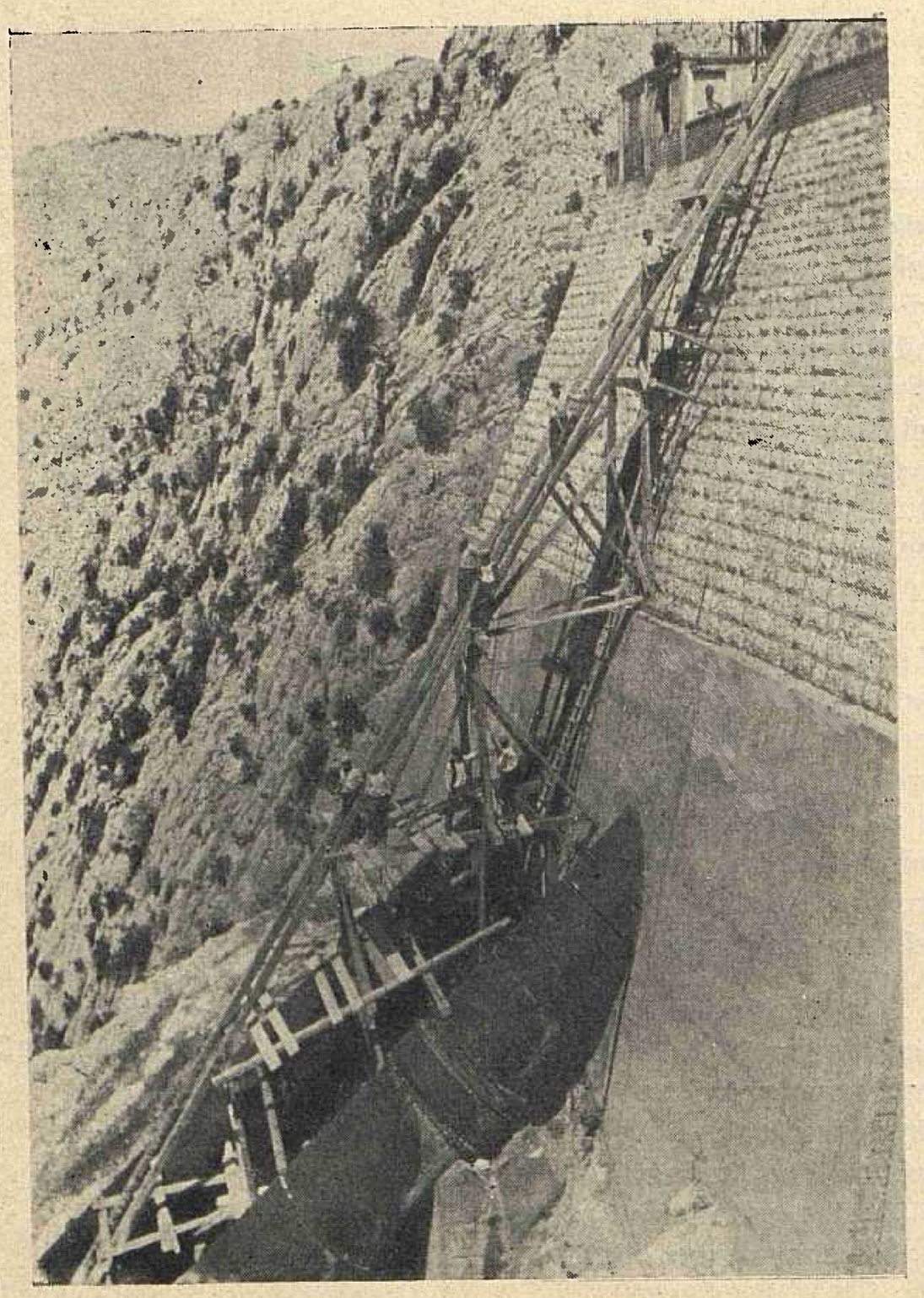
I pored konkurentnog projekta Belgijanca ing. Macqueta iz 1902. koji je predviđao iskorištenje pada od 224 m nizvodno od Trilja skretanjem radne vode Cetine tunelom ispod Mosora na Zakučac, neracionalni ali jeftiniji projekat ing. Deškovića poslužio je za izdavanje vodopravne koncesije iz 1904. bečkim industrijalcima, koji su je prodali 1907. talijanskom društvu »Sufid«. Na osnovu novog projekta predviđalo se korištenje do 75 m³/sek.

HE Kraljevac izgrađena je i puštena u rad mjeseca ožujka 1912. Nova je koncesija izdana 1915. s padom povećanim na 110 m s tim, da Društvo ima u određenom roku povećati odnosno podignuti nove elektrokemijske industrije i ustupiti upravi državnih željeznica određenu količinu energije prema zaključenom sporazumu od 25. 5. 1912.

Taj je sporazum rezultat dugih pregovora, a trebao je da paralizira posljedice već dovoljno jakog prodiranja talijanskog kapitala s političkim tendencijama u Dalmaciju. Tim je sporazumom društvo »Sufid« priznalo Upravi austrijskih željeznica pravo opcije, da može stalno uzimati iz postrojenja HE Kraljevac ili električnu energiju do 2200 kW ili besplatno do 9 m³/sek radne vode iz vodostana hidroelektrane radi



Pogled na hidroelektranu, preljevni slap i odvodni kanal



Radovi na vodnoj komori

korištenja u novoj hidroelektrani, koju će u Vrulji izgraditi Uprava željeznica ili od nje određeni koncesionar. Do korištenja opcionog prava nije uopće došlo.

Isto tako nisu izgrađene nove hidroelektrane na Cetini, za koje su tražene koncesije prije prvog svjetskog rata na osnovu projekata za Tisne Stine (ing. Linardović) i za Vrulju (ing. Senjanović - Peyer). Poslije tog rata bio je izrađen i projekt izgradnje poteza Cetine: Bisko — Nova Sela (ing. Freiung), koji nije ostvaren zbog likvidacije investitora, Jugoslavenske investicione banke u Splitu. Tako je ostala na Cetini do 1960. sama HE Kraljevac, koja je i u stručnu literaturu (Ludin, Schenkel) ušla kao primjer neracionalnog vodoprivrednog zahvata.

Prema koncesiji iz 1915. društvo »Sufid« trebalo je u određenom roku ugraditi turbine za cjelokupnu koncesioniranu količinu vode do 75 m³/sek. Najprije su bile ugrađene dvije turbine po 18.000 KS odnosno dva agregata snage po 16.000 kVA. Još potrebne dvije turbine po 30.500 KS, odnosno dva agregata snage po 26.000 kVA Društvo je nabavilo tek poslije prvog svjetskog rata, ali mu vlasti nisu dozvolile da ih montira s obzirom na odlučan stav javne štampe i svih društvenih organizacija, da se iz talijanskih ruku izbije ključ privrednog razvoja Dalmacije.

Kao posljedicu toga, tadašnja jugoslavenska vlada ugovorom od 13. 4. 1929. zaključenim s *Društvom tuniskih fosfata i kemijskih proizvoda* u Parizu obavezala je Društvo, da osnuje novo društvo za iskorištavanje vodnih snaga Dalmacije, »Seffhied«, koje će u toku od jedne godine otkupiti svu pokretnu i nepokretnu imovinu društva »Sufid« u Dalmaciji, sve njegove hidroelektrane i tvornice, i nastaviti radom u njima iskorištavajući svu produkciju HE Kraljevac od 380 GWh i HE Manojlovac od 110 GWh. Ugovorom je novom društvu priznat monopol iskorištenja vodnih snaga Dalmacije i povlaštenog podizanja elektrokemijskih i elektrometalurgijskih industrija u Dalmaciji s tim da do 1937. poveća produkciju energije na Cetini i Krki novim hidroelektranama do 900 GWh godišnje i da podigne određene industrije za korištenje te energije. U tu svrhu priznate su mu veće olakšice fiskalne prirode. Na ime svih ostalih fiskalnih dažbina ugovoren je godišnji paušal koji će Društvo plaćati državi.

Novo je društvo osnovano pod imenom »La Dalmatienne« sa sjedištem u Parizu. S kapitalom od 130 milijuna franaka otkupilo je svu imovinu društva »Sufid«, montiralo je od »Sufida« nabavljene turbine i generatore i dovršilo je do 1932. sve ostale radove na povećanju kapaciteta HE Kraljevac na 96.000 KS prema odredbama preuzetih »Sufidovih« koncesija.

Nikakvu daljnju obavezu po tom ugovoru društvo »La Dalmatienne« nije izvršilo. Ne samo da nije izgradilo nikakvu novu fabriku i nikakvu novu hidroelektranu, već je odmah u 1931. prekinulo rad u tvornici u Dugom Ratu za nekoliko mjeseci, da bi ga zatim preuzelo u ograničenom obujmu. Tvornicu u Crnici zatvorilo je zbog nemogućnosti prodaje njenih proizvoda na svjetskom tržištu, tako da su njene instalacije za karbid i cijanamid postale brzo nesposobne za rad. Tek u 1938. produžilo je rad na proizvodnji feromangana i ferosilicija i to u ograničenim količinama. U posljedici prekida rada u Crnici HE Manojlovac nije od 1931. do 1938. uopće radila, osim koliko je bilo potrebno za osvjetljenje zatvorene tvornice u Crnici. HE Kraljevac radila je ograničenim kapacitetom tako, da uopće nije došlo do iskorištavanja energije, koja je dobivena izvršenim povećanjem njenog kapaciteta 1931/1932. U 1936/37. kada je u Dugom Ratu proizvedeno 26.400 tona karbida, 19.100 tona cijanamida i manje količine drugih proizvoda, utrošeno je iz HE Kraljevac svega 116,5 GWh i prodano elektroenergije 13,7 GWh Električnom poduzeću Split, općini Omiš i selu Zadvarje.

U toku rješavanja nastalih sporova oko izvršenja ugovora Društvo je u maju 1938. ponudilo jugoslavenskoj vladi 58 % akcija društva, što je odbijeno s obzirom na inostrani karakter Društva. Zatim su vođeni pregovori da država otkupi cjelokupnu nepokretnu imovinu Društva u Jugoslaviji. Do potpisa već ratificiranog ugovora 1939. nije došlo, jer je izbio drugi svjetski rat. Nakon rata sva ta imovina postala je općenarodna imovina.

HE Kraljevac nakon rekonstrukcija i nakon popravaka građevinskih i elektromašinskih dijelova postrojenja nastavila je rad dajući glavni doprinos u pokrivanju energetskih potreba srednje Dalmacije,

čija je industrijalizacija i elektrifikacija naselja uzela znatan zamah. Zbog dotrajalosti i smanjenja snage često popravljanih strojeva hidroelektrana danas raspolaže maksimalnom snagom od 67 MW. Posljednjih 10 godina prije izgradnje akumulacije Peruća proizvodila je prosječno 269 GWh godišnje.

Izgradnjom prve etape HE Split, HE Kraljevac proizvodit će godišnje oko 150 GWh.

Hidroelektrana na Jadru

Na samom izvoru Jadra izgradila je godine 1908. Tvornica cementa »Split« malu *HE Vrilo - Majdan* na osnovu vodopravne koncesije izdane godine 1897. industrijalcu Vidoviću iz Splita. Iskorišten je pad od 14 m od ukupne visine stepenice od 26 m. Koncesionirana količina vode iznosi 6 m³/sek, a ukupna instalirana snaga 0,96 MW.

Hidroelektrane Dubrovnika

HE Zavrelje u Mlinima kod Dubrovnika izgrađena je godine 1952. Iskorištava pad od 79 m, od izvora Zavrelja do mora. Montiran je samo jedan agregat od 2.200 KS, s instaliranim protokom od 3 m³/sek. Zbog nedostatka vode radi prosječno 220 dana na godinu. Izvor je u podzemnoj vezi s vodama sliva Trebišnjice. Izgradnjom sistema hidroelektrana Trebišnjice HE Zavrelje će prestati radom.

Još prije prvog svjetskog rata rađena su 3 projekta za iskorištenje voda Trebišnjice odnosno Popovog polja, zatvorenog kraškog polja, njihovim dovođenjem putem tunela na more. Nijedan od tih projekata, koji su predstavljali neracionalno vodoprivredno rješenje i u energetskom i u hidromelioracionom pogledu, nije ostvaren.

Naslov pisca: Ing. Ante Celegin, Split, Riječka ulica 8/II



Hidroelektrana Jaruga na Krki

HISTORIJSKI OSVRT NA IZGRADNJU HE KRALJEVAC

Jerko Jerić, Zagreb

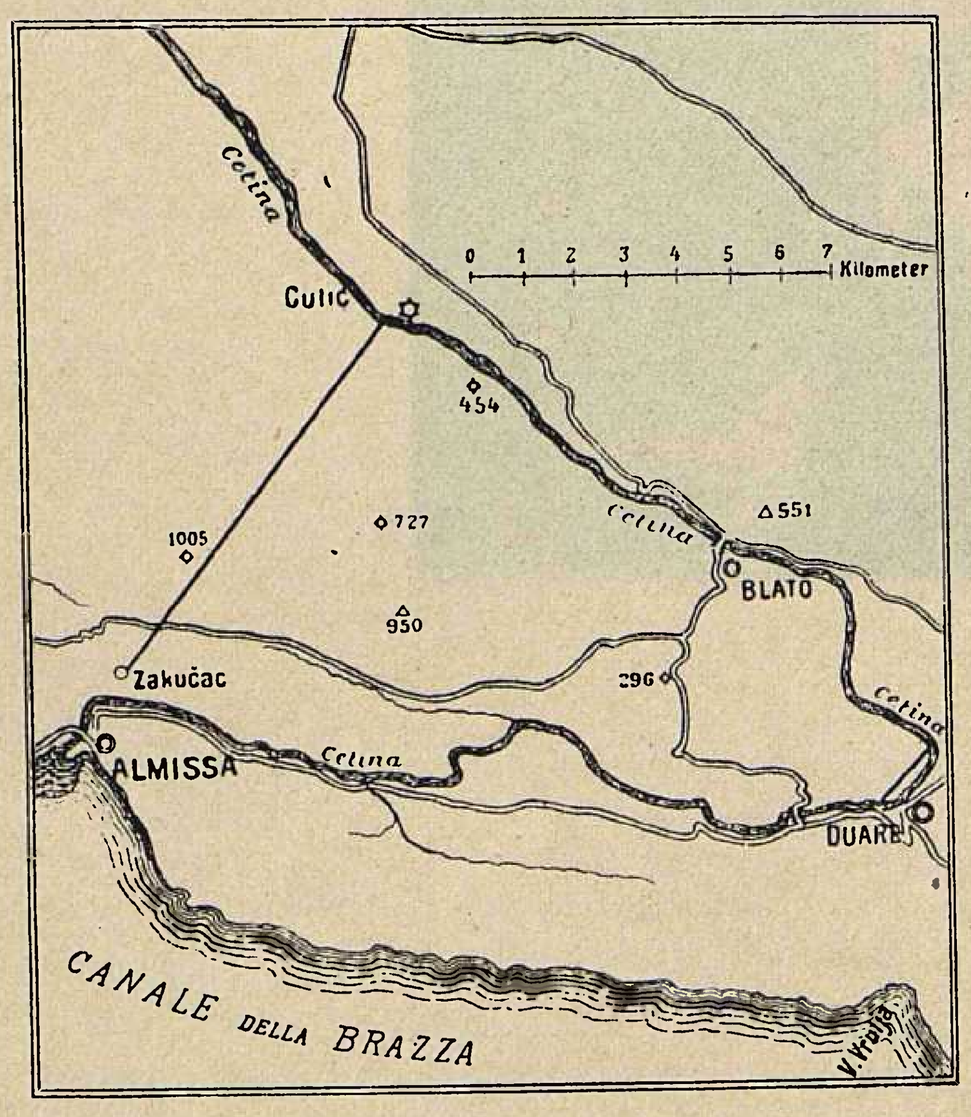
Iznosi se historijat raznih projekata o iskorištavanju vodnih snaga Dalmacije još u doba Austro-Ugarske. Opisuje se detaljno projekt za izgradnju hidroelektrane Kraljevac, daje se opći pregled dispozicije hidrotehničkih radova i same gradnje, te opis pojedinih dijelova postrojenja, strojeva i dalekovoda. Na koncu se prikazuju ukupne investicije, te konstatira, da je hidroelektrana Kraljevac na Cetini u doba kada je sagrađena, 1912, spadala po svojoj veličini i po svojim specifičnim investicijama među najveće i najjeftinije hidroelektrane u Evropi.

DK 621.311.21

Ispitivanja i proučavanja mogućnosti korištenja hidrauličkih snaga Dalmacije, što su ih provodili inženjeri i privredni stručnjaci bivše Dvojne Monarhije, datiraju već od početka osamdesetih godina prošlog stoljeća.

Zanimanje za njihovu eksploataciju naročito je poraslo kada je godine 1897. firma Schuckert & Co. izradila osnovni projekt za korištenje poznatog i za ondašnje prilike znatnog prirodnog pada Cetine kod Zadvarja nazvanog Velika i Mala Gubavica. Ovaj projekt potakao je jednu financijsku grupu u Belgiji, da povjeri stručnjaku Macquet-u zadatak da detaljno ispita sve tehničke i ekonomske mogućnosti energetskog korištenja rijeke Cetine na spomenutom potezu.

U tu svrhu Macquet je obradio pet varijanata i predložio kao najpovoljniju varijantu onu, kojom se presijeca zavoj rijeke Cetine između mlinice Culić ispod Trilja i mjesta Zakučac pred ušćem Cetine u more nedaleko Omiša. Ova zamisao ilustrirana je na sl. 1 i sl. 2 prema publikaciji u časopisu E. u M. iz godine 1908. u originalnom obliku. Bušenjem brda Mosor tunelom od 8,2 km dužine (prema projektu Macquet) dobiva se neto-pad od 224 m, čemu bi pri normalnom niskom protoku od 35 m³/sek odgovaralo 80.000 konstantnih godišnjih KS. Investicije bi po Macquetovim predračunima dosizale do 192 franka (= okruglo 183 austr. krune) po efektivnoj turbinskoj KS, a prema austrijskom stručnjaku dr W. Conradu one bi se kretale oko 220 austr. Kr/KS [1].



Sl. 1. Rijeka Cetina, situacija

Da bi se danas, u doba izmijenjenih poratnih valutarnih odnosa, mogla pravilno ocijeniti vrijednost granica specifičnih investicija za izgradnju hidroelektrana, koje su važile u Evropi prije 50—60 godina, može poslužiti ovaj kratak pregled. (Treba napomenuti, da su sve vrijednosti izražene u austrijskoj valuti godine 1908., naime 1 austrijska kruna (Kr) = 1,20 njemačkih maraka (M) = 1,05 franaka (Fr) ili 1,05 srpskih dinara [3]).

*Specifične investicije izražene u austrijskim krunama za izgrađene hidroelektrane u Evropi prije 1910. (vrijednost godine 1908)**

Mjesto elektrane	Godina izgradnje	Korisni pad m	Normalna		Austr. Kr/KS
			snaga KS	protok m³/sek	
Turbigo (Tessin)	1903/04.	8,2	7500	90,0	606
Hauterive	1906.	62	9600	15,0	560
Töllwerk kod Merana	1897/98.	70	11000	—	192
Hohenfurth (ob Moldau)	1901/04.	97	10000	11,0	178
Albulawerk	1908/10.	147	24000	16,0	298
Bex (Kt. Waadt)	1899.	158	2400	1,6	198
Ledernier (Waadland)	1902/03.	236	6600	3,46	378
Engelberg G. Luzern	1903/05.	300	9000	3,0	493
Bellinzona	1906.	345	2700	0,8	386

Može se konstatirati, da se visina specifičnih investicija austr. Kr/KS prema projektu Macquet nalazi između najnižih u Evropi prije prvog svjetskog rata.

U okviru ovog historijskog osvrta treba svakako spomenuti poduzetne i dalekovidne Dalmatince, između kojih se ističu A. Šupuk i ing. A. Deškovića, koji su pravovremeno uvidjeli vrijednost i značaj vodnih snaga Dalmacije za njezin budući ekonomski razvoj.

Koncesija za korišćenje koncentriranog pada Velike i Male Gubavice na rijeci Cetini od 87 m pada i 25 m³/sek vode, bila je dana godine 1904. bečkom dru-

* Ovaj pregled je izrađen prema podacima u djelu Ludin: *Die Wasserkräfte*, tablica 1, str. 1367 — 1373 [4]

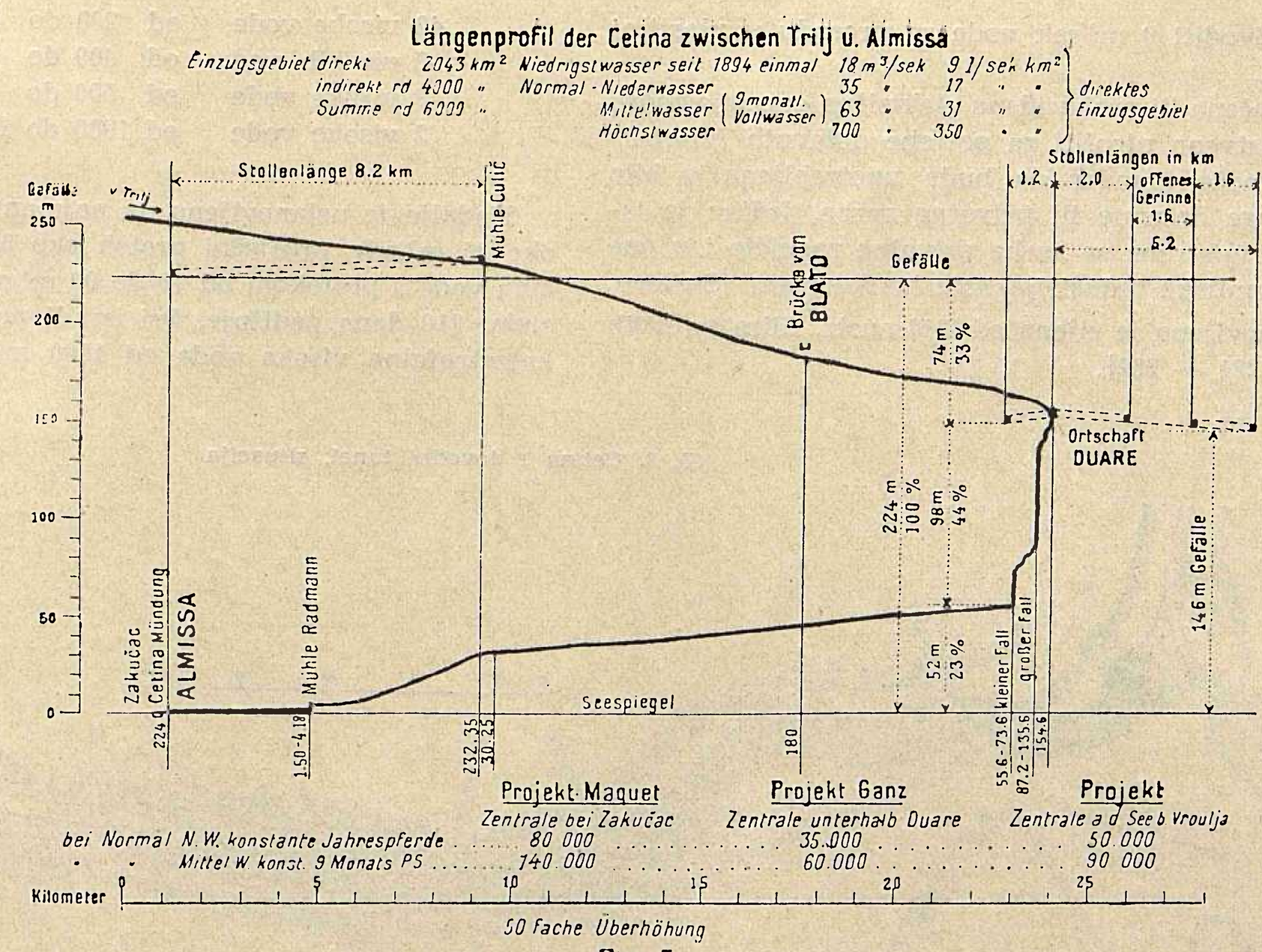


Fig. 7

Sl. 2. Uzdužni profil Cetine između Trilja i Omiša

štvu »Wasserwerke«. »Sufid« kao njegov nasljednik tražio je godine 1909. proširenje koncesije na 75 m³/sek i visinu od 110 m pada. Proširena koncesija s novom dispozicijom hidrauličnog postrojenja HE Kraljevac, kad je ono već bilo gotovo, odobrena je tek 1915, pošto je društvo »Sufid« pristalo na izvjesne uvjete postavljene od austrijskih ministarstava rata i željeznica. Rješenje ministarstva poljodjelstva iz godine 1917. opunovažilo je ovu koncesiju [10, str. 220].

Tim je odobrenjem bila pokopana s energetskog stanovišta jedina racionalna koncepcija projekta Macquet-a, za pola stoljeća, sve do naših dana, te je tako od raspoložive visine pada izdvojena i otrgnuta iz cjeline koncentrirana dionica od okruglo 100 m visine, kako je očigledno prikazano na sl. 2. Preostalo je povrh iskorištenog poteza oko 33 %, a ispod do razine mora oko 23 % neiskorišteno od ukupne visine pada.

U vezi s navedenim cijepanjem i rasparčavanjem riječnih padova treba spomenuti još jedan sličan slučaj u Dalmaciji. Radi se, naime, o slučaju Skradinskog buka na rijeci Krki, kod kojeg je iskorišteno samo oko 50 % njegove koncentrirane visine.

Kad se uoče i pravilno ocijene ove historijske činjenice, mora se sa žaljenjem konstatirati, da su u prošlosti prirodna bogatstva hidrauličkih snaga Dalmacije korištena bez mnogo skrupula. U tom smislu neka bude navedeno mišljenje austrijskog stručnjaka Th. Schenkela, koje nije bilo uostalom jedino, izraženo u njegovoj knjizi: »Oblast krša i njegove vodne snage« izdane godine 1912 [6, str. 82]. On kaže: *Treba naglasiti, da u ovoj grupi dalmatinskih rijeka* (misli na Krku i Cetinu) *dosadašnje koncesije nisu nikako bile u skladu s vodoprivrednim principima. Ovoj jasno izraženoj bezobzirnoj eksploataciji* (Raubbau) *pristupila su manje domaća, a više inozemna društva poduprta povjerljivim ljudima, što sada sprječava za najmanje 2 do 3 generacije punovrijedno korištenje ovih rijeka za dobrobit državne cjeline. Time nije samo znatan dio imovine provincije Dalmacije bio izgubljen — ili jasnije kazano došao u kmetski odnos — kojeg nije tako lako otkupiti, već je također potpomognuto stranim aspiracijama za afirmaciju na istočnoj obali Jadrana«.*

Na kraju ovog kratkog historijskog osvrta u vezi s postankom HE Kraljevac bit će korisno da se zabilježi još i ovo:

Ugovorom od godine 1912. između »Sufida« i Austrijskog ministarstva željeznica osigurano je Upravi državnih željeznica pravo opcije na određenu količinu električne energije, koja će biti ustupljena na sabirnicama elektrana za vrijeme trajanja koncesije (do 1973.) i to 6 mjeseci nakon puštanja u pogon elektrane 2.200 kW, a 10 godina kasnije 5.000 kW. Mjesto toga slobodno je Upravi željeznica odvoditi besplatno iz vodne komore »Sufidove« elektrane odgovarajuću količinu vode za proizvodnju navedene električne snage, a kad »Sufidu« bude omogućeno korištenje čitave koncesionirane vode od 75 m³/sek, onda može

stalno odvoditi 9 m³/sek vode za preradu u vlastitoj elektrani.

Isporučena ili proizvedena električna energija mora se prvenstveno utrošiti za potrebe državnih željeznica, ali može također da bude upotrebljena u bilo koje druge državne ili privatne svrhe, jedino je isključena upotreba za svrhe privatne rasvjete i u one elektrokemijske industrije koje konkuriraju »Sufidu«.

Ustanovljena je cijena od 0,45 austr. filira po kWh [10, str. 221 — 222].

Prva etapa izgradnje elektrane do godine 1912.

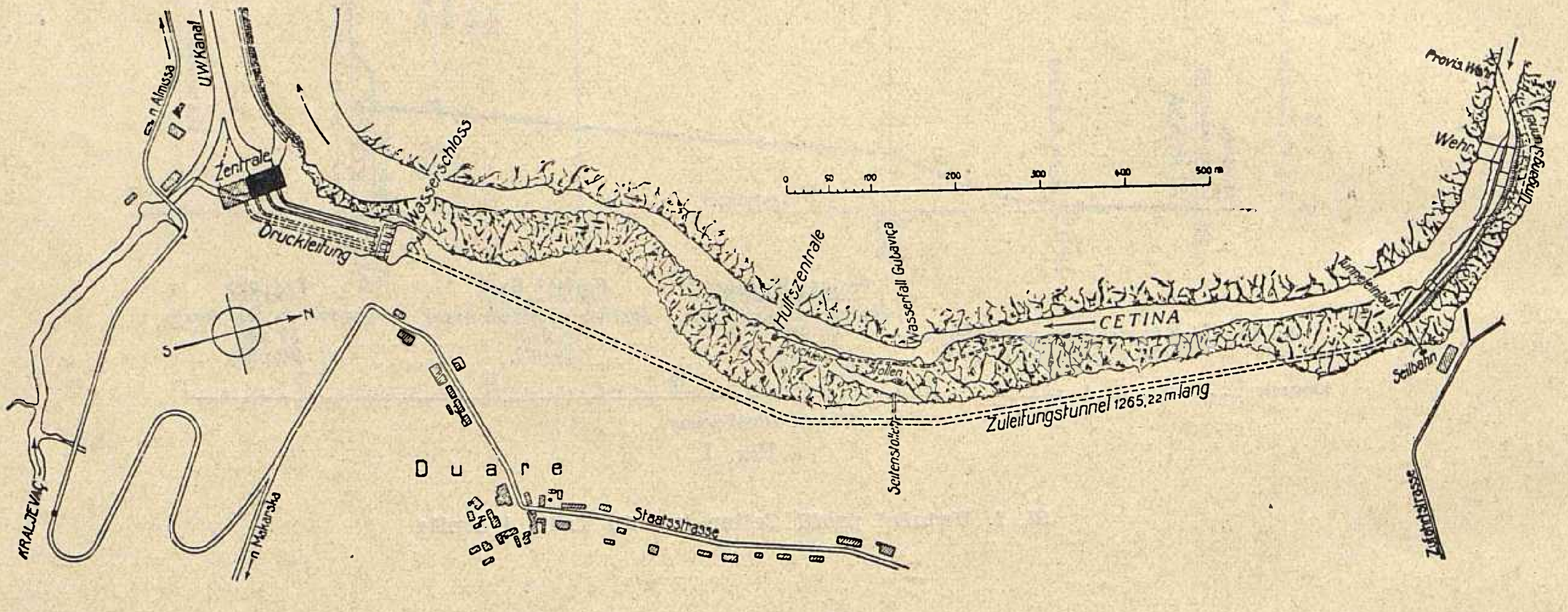
Detaljni projekt za izgradnju hidroelektrane Kraljevac izradio je godine 1906. ing. Charles de Halle u Ženevi, a modificirao ga je generalni direktor tvrtke »Sufid« ing. E. Cairo. Tako zajednički ustanovljen projekt izveden je u godinama 1908 — 1912. Proizvedena električna energija prenosi se dalekovodom 23 km dužine do morske obale u tvornicu karbida i cijanamida Dugi Rat, koja je izgrađena 1912/13.

Hidrološki podaci za izradu projekta zasnivaju se na promatranjima od 14 godina (1894 — 1907) visine vodostaja kod Trilja, za koje je razdoblje ustanovljeno:

42	visoke vode	od 200	do 350	m³/sek
8	visokih voda	od 400	do 460	m³/sek
3	visoke vode	od 500	do 600	m³/sek
2	visoke vode	od 1000	do 1100	m³/sek

Nadalje je ustanovljeno da najmanji protok iznosi oko 25 m³/sek, prosječni protok oko 80 m³/sek. Količina vode s protokom od 70 do 80 m³/sek traje u prosjeku 210 dana godišnje. Pri izradi projekta uzeta je katastrofalna visoka voda od 1200 m³/sek.

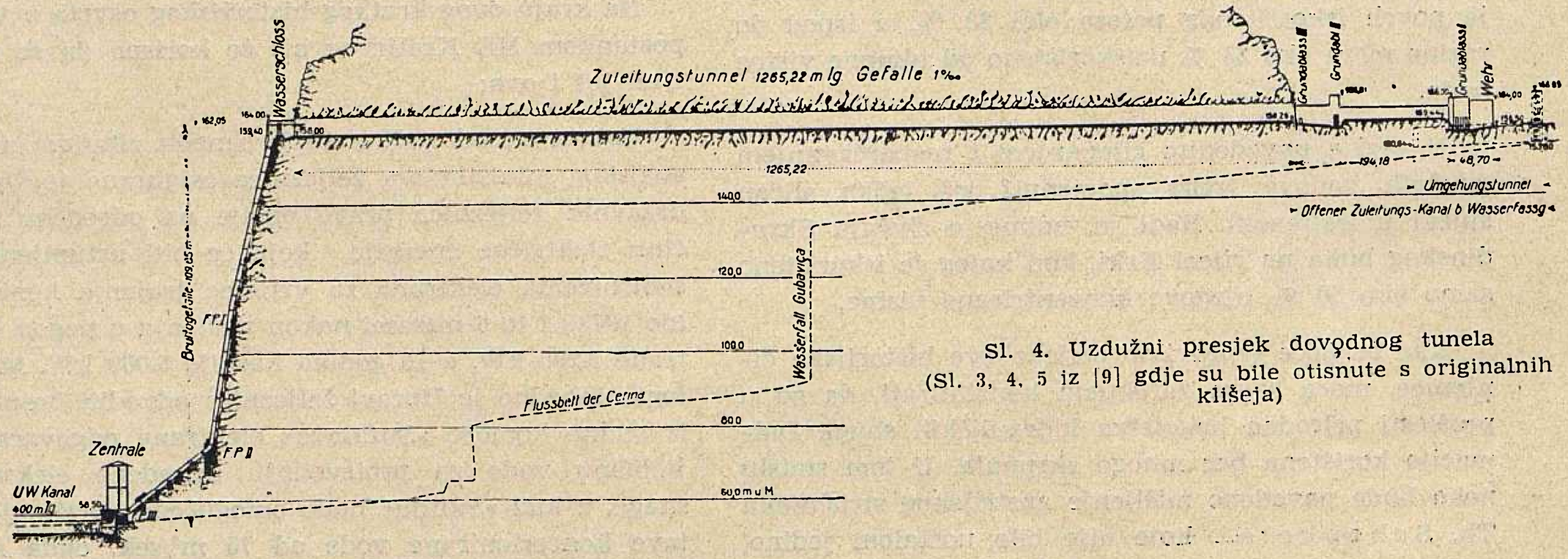
Sl. 3. Cetina i dovodni tunel, situacija



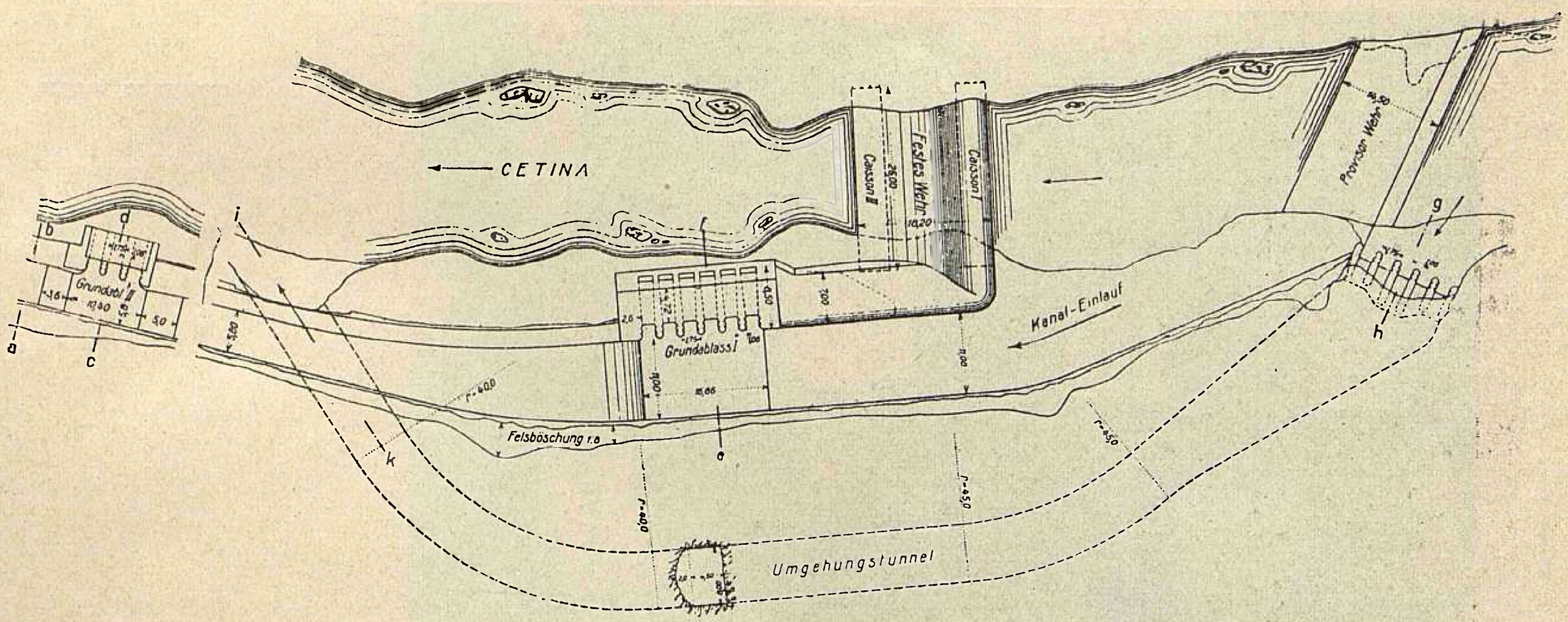
Opći pregled dispozicije hidrotehničkih radova

U guduri koja je široka 25 m i visoka 70 m kod Zadvarja usporava se Cetina branom; za njenu se izgradnju sagradila provizorna brana i obilazni tunel od 180 m dužine i 48 m² presjeka, a ovaj je ujedno izveden kao temeljni ispust s 5 splavnica za regulaciju visokih voda (sl. 3, 4 i 5.).

Na branu, kojoj kruna leži na koti 164,00 priključen je ulaz u dovodni kanal dug 194 m s ugrađenim temeljnim ispustom (I) sa 6 splavnica, koji služi ujedno da vodom odvodi pijesak. Zid, koji dijeli kanal od gudure, izveden je na cijeloj dužini kao preljev, a osim toga u njemu je ugrađen još jedan temeljni



Sl. 4. Uzdužni presjek dovodnog tunela
(Sl. 3, 4, 5 iz [9] gdje su bile otisnute s originalnih klišeja)



Sl. 5. Brana i ulaz u kanal

ispust (II) sa 3 splavnice. Neposredno pred ulazom u dovodni tunel nalazi se još jedna splavnica (III).

Dovodni kanal ulazi u dovodni tunel, a vodi u vodnu komoru. Vodna komora ima jedan temeljni ispust i jednu splavnicu i podijeljena je u 4 ulazne komore, od kojih su dvije, do potpune izgradnje elektrane, bile zatvorene betonskim zidom. Dvije tlačne cijevi dovode vodu u strojarnicu smještenu na potoku Kraljevac, od kuda vodi odvodni kanal u Cetinu. Kraljevac je pritok Cetine i u svrhu odvojenja vode morao je biti preložen i reguliran (sl. 3).

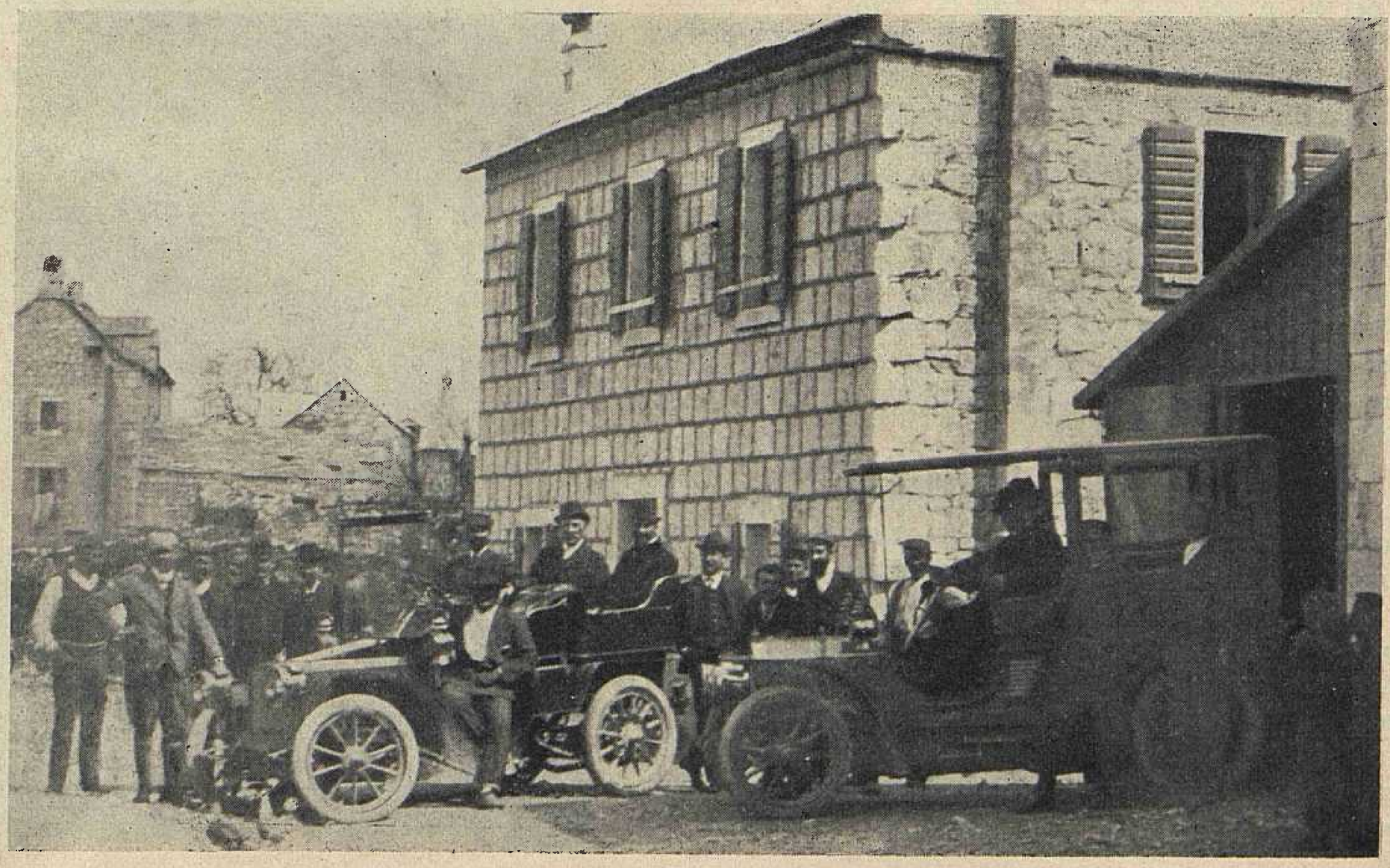
U strojarnici su u prvoj etapi izgradnje postavljena dva agregata, koji se sastoje od Francisovih turbina s trofaznim generatorima. Svaki generator je snage 16.000 kVA tako, da je u prvoj etapi iskorišteno 36.000 KS.

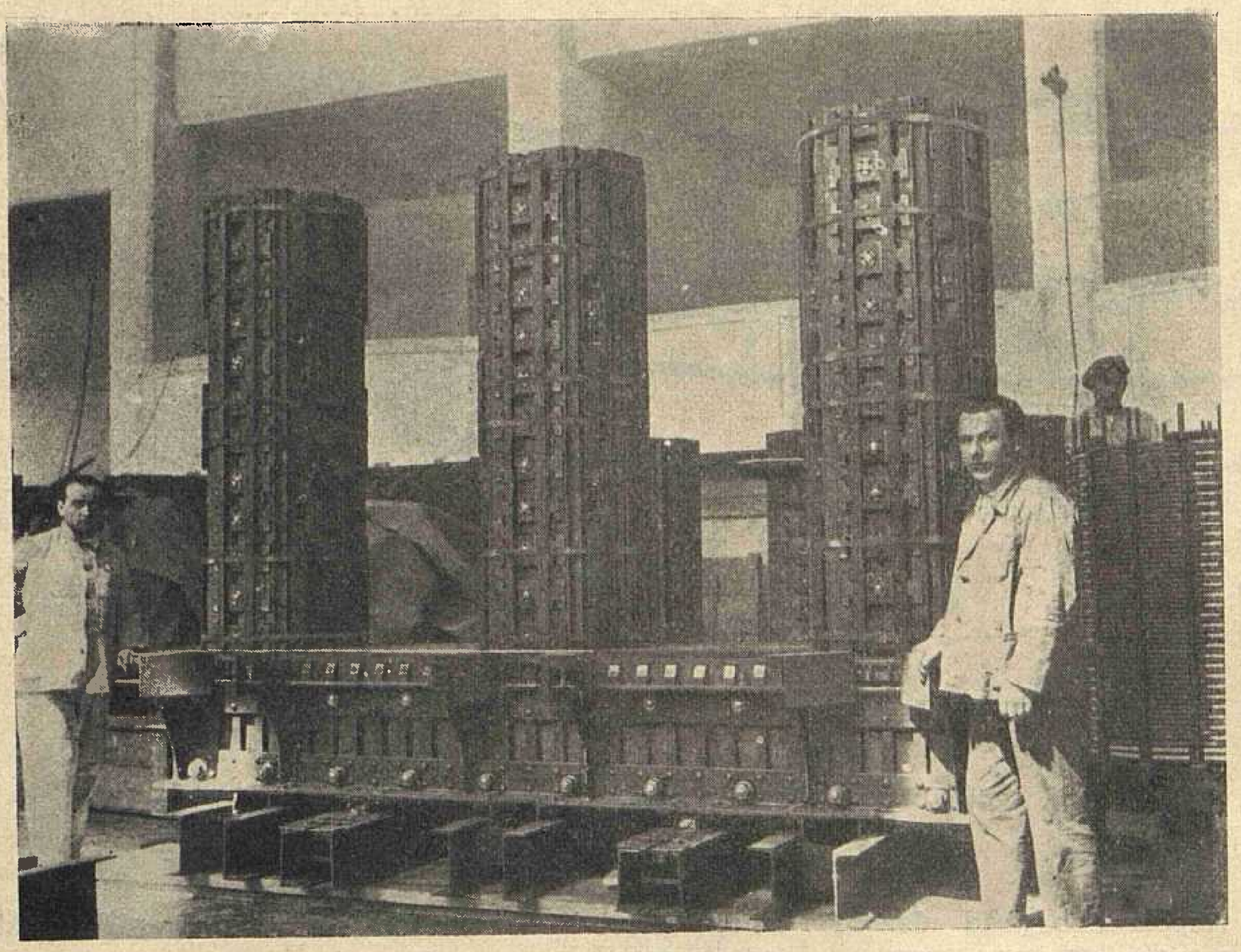
Iz strojarnice vodila se električna energija dalekovodom dugim 23 km s naponom od 56.000 volta u tvornicu karbida i cijanamida Dugi Rat na morskoj obali.

Kratak opis pojedinih dijelova postrojenja

1. Brana je od temelja do krune visoka 18 m, a iznad dna diže se za 12,5 m. Širina temelja iznosi 18,2 m, a krune 3,4 m. Brana je sagrađena okomito na smjer rijeke i duga je 25 m. Njezin volumen iznosi 5.000 m³ nabijenog betona u različitim smjesama.

Polazak komisije na teren iz Zadvarja 1912. Ing. Čičin s polucilindrom





Transformatorske jezgre

2. Normalni pad otvorenog dovodnog kanala, koji je na čitavoj dužini od 244 usječen u klisuru na lijevoj obali, iznosi 1 ‰. Čitav kanal, brana, temeljni ispusti i portal obilaznog tunela, pristupačni su prolazom, koji je sagrađen duž cijele klisure.

3. Tunel vodi u dva puta slomljenom pravcu 70 m duboko ispod platoa na kome leži selo Zadvarje, na lijevoj obali rijeke, i dug je 1265,22 m, a ima pad od 1 ‰. Njegov izlaz u vodnu komoru leži na koti 158,00. Širina dna iznosi 5,50 m, širina na visini površine vode (od 4,05 m) 6,50 m, a cjelokupna visina do tjemena 5,50 m.

4. Kod izlaza u vodnu komoru dijeli se tunel u dva kraka. Brzina vode u tunelu u punom pogonu tj. pri 80 m^3/sek, presjeka 24,40 m^2, iznosi 3,30 m/sek.

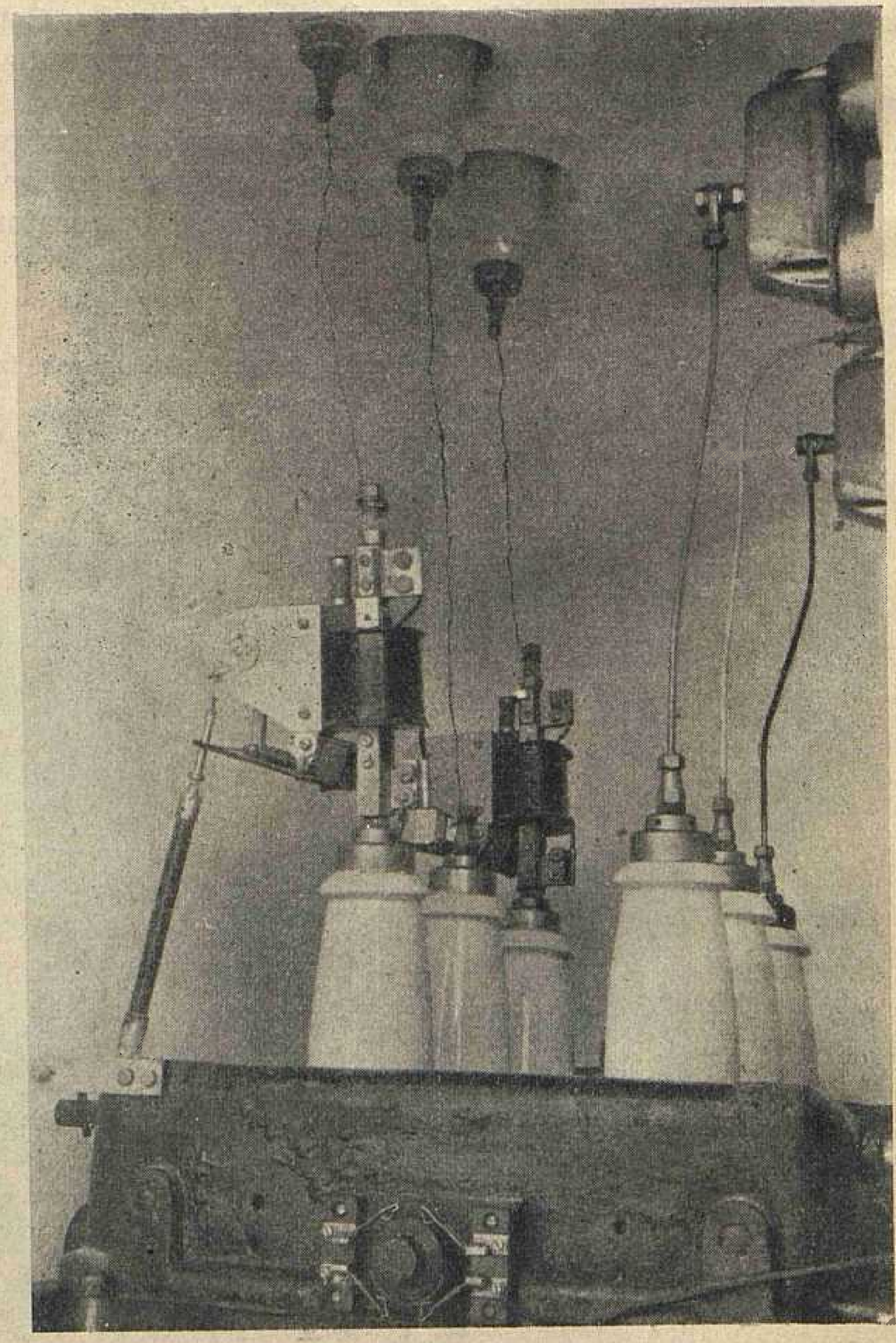
Troškovi gotovog tunela iznosili su 685 austr. Kr/m, tj. 868.675 austrijskih kruna.

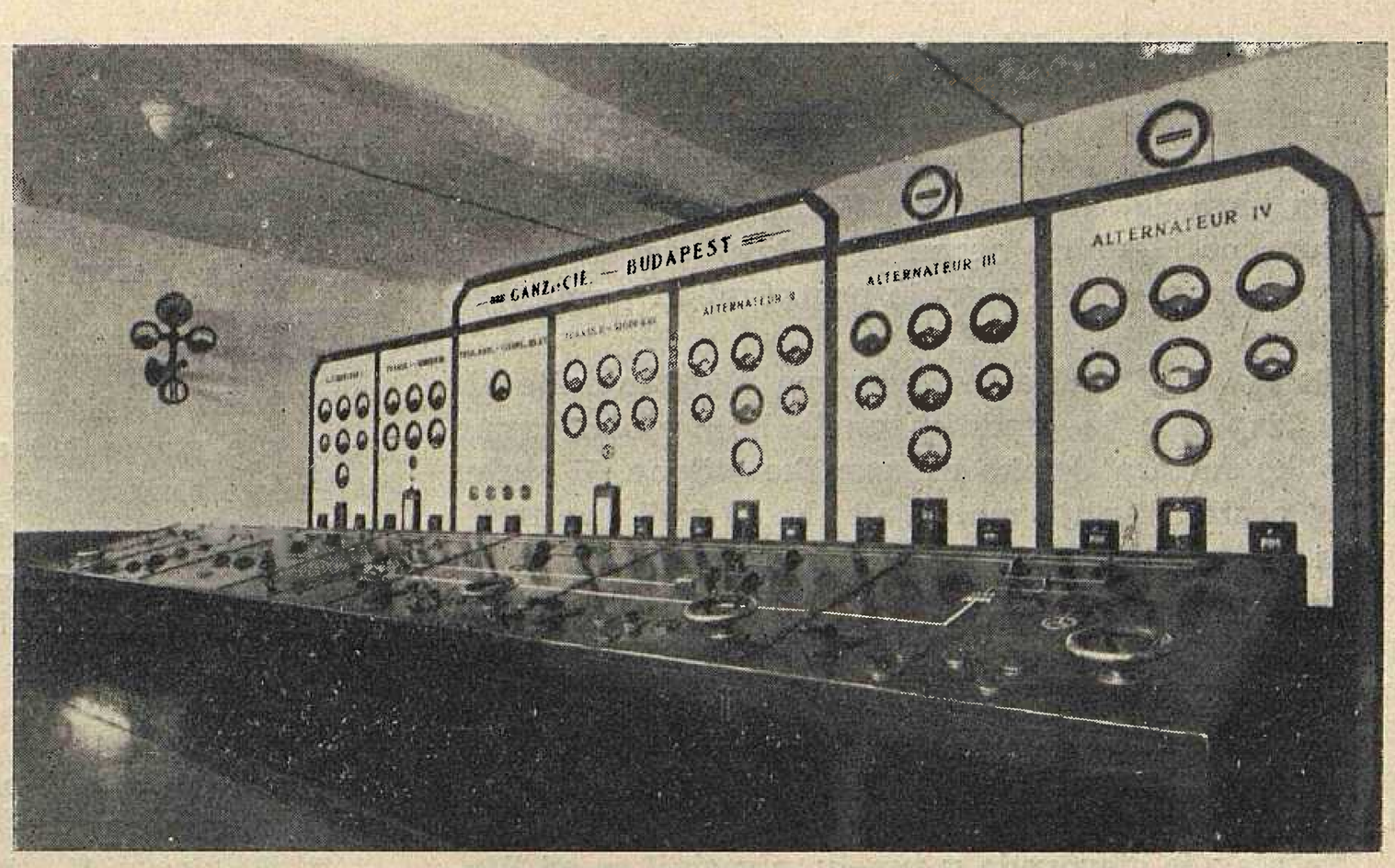
5. Vodna komora je postavljena na pećinastoj glavici oko 100 m iznad doline. Njezine su dimenzije relativno male, određene lokalnim odnosima. Njezina zapremina dosiže do 4.500 m^3, a vodom pokrivena površina 1000 m^2. Zaključni zid prema rijeci izveden je kao preljev, koji kraj svoje razvijene dužine od 38 m i visine preljeva od 1 m može da propusti 80 m^3/sek. Osim toga izvedena je jedna manja slapnica s otvorom 150 x 150 cm u svrhu ispražnjavanja i odstranjivanja pijeska.

Vodna komora izvedena je za 4 cjevovoda, kao što su uopće svi građevni dijelovi od brane do odvodnog kanala već unaprijed izvedeni za 100.000 KS, a ne samo za prvu etapu izgradnje od 36.000 KS.

6. Dva paralelna tlačna cjevovoda od okruglo 190 m dužine dovode vodu turbinama. Cjevovodi se sastoje od zakovanih limenih cijevi debljine 8—12 mm, te imaju kod izlaza iz vodne komore promjer od 2300 mm i sužuju se prema dolje do 1700 mm. Svaki dio cijevi dug je 6 m, težina jednog cjevovoda je oko 210 tona.

Detalj rasklopnog uređaja





Uklopnica nakon proširenja između dva rata

Cjevovodi leže na betonskim potpornjima sa željeznim sedlima za klizanje. Tri fiksne točke izvedene u armiranom betonu učvršćuju cjevovode. Pred strojarnicom cijepa se svaki cjevovod u dvoje i dovodi tako vodu obim grupama turbina. Maksimalni tlak u cjevovodu iznosi 109,80 m.

Dijelovi cjevovoda, kao i svi dijelovi turbina i generatora bili su transportirani morskim putem do Makarske, odakle su kolima, 20 km daleko, državnom cestom dovezeni na gradilište.

7. Strojarnica je situirana koso prema cjevovodu i to s obzirom na odvodni kanal kao i zbog budućeg proširenja zgrade, koja bi inače morala da bude smještena u unutrašnjosti brijega. Na mjestu, gdje se nalazi strojarnica, prije je ulazio u Cetinu potok Kraljevac (po kojem je i nazvana hidroelektrana), koji je bio preložen i uveden u donji kanal, pošto je njegovo korito 500 m iznad elektrane regulirano i učvršćeno izgradnjom poprečnih zidova.

Strojarnica je duga 44 m, široka 14 m, visoka 13 m. Njezina kota poda (58,50) nalazi se 2,20 m iznad najvišeg vodostaja. Uzduž strojarnice, odijeljena samo stupovima, smještena je prostorija za transformatore duga 30 m, široka 10 m i visoka 6 m. Iznad nje nalazi se uklopni uređaj. Manje prostorije u prizemlju služe kao radionice, skladišta i poslovnica. Na krovu nalazi se betonski rezervoar za vodu, dug 44 m, visok 1 m, širok 0,70 m za potrebe strojarnice.

8. Odvodni kanal dug je oko 400 m, ima pad 1‰ i normalni profil od 11 m širine na dnu i 3,60 m visine.

9. Za stanovanje osoblja izgrađena je stambena zgrada u blizini strojarnice.

Strojevi

U strojarnici su za prvu etapu montirane dvije grupe strojeva, svaka sa dvije spiralne Francisove turbine, među kojima je postavljen generator. Te dvije dvostruke turbine pri potrošnji vode od 15 m^3/sek svaka i broju okretaja 375 na min razvijaju snagu od 18.000 KS.

Svaki od dvaju trofaznih generatora ima snagu od 16.000 kVA, cos φ = 0,8, 4.000 V, 50 perioda. Oni su potpuno zatvoreni, a ventilacija je izvedena po patentu Blathy, tako da se proizvedena toplina odvodi podzemnim kanalima. Šuplja osovina, koja spaja aspiratore obiju poluturbina izjednačuje na taj način vakuum i sprečava tako tlak na stranu. Osovina leži na dva ležaja, koji imaju mazanje prstenom. Blazinice su duge 990 mm, a svijetli promjer je 330 mm. Rotor generatora sa osovinom teži 50 tona, a čitav generator oko 90 tona.

Generatori imaju slijedeći stepen djelovanja:

Opterećenje	1/2	3/4	1/1
Stepen djelovanja %	96,5	97	97,5

Dva uljna trofazna transformatora imaju hlađenje vodom, snagu 16—21.000 kVA, te povisuju napon od 4.000 na 56.000 V.

Svaki transformator s uljem teži 35 tona. Ovi vodom hlađeni transformatori normalne snage od 16.000 kVA mogu podnesti trajno preopterećenje do 21.000 kVA (za oko 30 %) povećanjem cirkulacije rashladne vode od normalnih 200 lit/sek na 300 lit/sek. Oni su u doba, kad su ušli u pogon godine 1912, bili najveći transformatori na svijetu [12, str. 583—612].

Svaka grupa: cjevovod, turbine, generator, transformator i dalekovod, čini cjelinu, koja je od drugog agregata potpuno nezavisna.

Od pomoćnih strojeva spominjemo jednu Peltonturbinu od 30 kW za rasvjetu i za pogon dizalice 30 tona nosivosti, jednu tlačnu pumpu za dizanje vode u rezervoare u svrhu pogona segmentnih splavnica na vodnoj komori, i konačno dvije male turbine Pelton za pogon pumpa na zupčanike za ulje automatskih regulatora.

Dalekovod

Kroz dolinu Cetine vodio je dalekovod do Omiša i zakretao u jugozapadnom pravcu prema tvornicama u Dugom Ratu. Dužina dalekovoda iznosila je 23 km.

Montirana su dva trofazna sistema, na zajedničkim željeznim stupovima, bakrene žice 8 mm promjera, normalni raspon 110 m. Napon iz elektrane od 56.000 V snizivan je uslijed gubitaka na 51.600 V (7,85 %) pri ulazu u tvornički uređaj i transformirao se na 15.000 V.

Pomoćna hidroelektrana za vrijeme građenja

Radi opskrbe gradilišta električnom energijom podignuta je na podnožju Velike Gubavice mala pomoćna hidroelektrana od 175 KS. U dubokoj i teško pristupačnoj guduri, neposredno kraj slapa, morali su prije svega da se sagrade nogostupi za pristup do elektrane.

U neznatnoj udaljenosti od slapa, a 100 m dalje niz vodu, započeta je gradnja tunela koji prolazi samo nekoliko metara daleko od vanjske stijene. U svrhu bržeg odstranjivanja materijala, kao i radi ventilacije za vrijeme građenja, probijena su tri postrana tunela iznutra prema vani, koji su kasnije služili kao preljevi. Isprva 105 m dug, morao se tunel, zbog oskudice vode ljeti, produžiti još za 100 m uzvodno. Tunel je širok 1,20 m, visok 1,60, a ima pad od 6 ‰; dno je betonirano. Pri velikoj vodi cijeli tunel je pod tlakom.

Početak je cjevovoda u tunelu, a sastoji se od lijevanih cijevi 350 mm promjera, koje su zabrtvljene kudjeljom i olovom. Razvijena mu je dužina oko 100 m, a bruto-pad iznosi 43 m. Elektrana je morala biti uklesana u stijeni. Dobiveni prostor je 4 m širok, 5 m dug i 4 m visok. Montirana je jedna Pelton-turbina s trofaznim generatorom od 175 KS, 330 V.

Za transport turbine, generatora i cjevovoda kao i građevnog materijala, morala se sagraditi žičara 250 m dužine, koja svladava vertikalnu visinu od 140 m.

Zbog nepristupačnosti ove elektrane odnosne instalacije nije bilo moguće demontirati nakon dovršenja glavnog objekta. Stoga je cijela pomoćna elektrana ostavljena u guduri. Investicije za njezinu izgradnju iznosile su 100.000 austr. kruna tj. 570 Kr/KS.

Ukupne investicije za izgradnju HE Kraljevac

Ukupne investicije za gradnju elektrane, čiji je hidraulični dio izveden za snagu od okruglo 100.000 KS, iznose oko 3,7 milijuna austr. kruna, dakle 37 Kr/KS. Nabava terena i ostali sporedni troškovi povisuju specifične investicije na 41 Kr/KS. Instalacije strojeva, kao i dalekovod dug 23 km sa svim ostalim izdacima daju za 36.000 KS specifične investicije od 208 Kr/KS, tj. ukupno okruglo 7,5 milijuna austrijskih kruna.

Ukoliko bi se bila izvela elektrana na predviđenih 100.000 KS, moglo se računati da bi 1 KS na mjestu potrošnje stajao 110 austrijskih kruna.

Prema tome hidroelektrana Kraljevac na rijeci Cetini spadala je svojedobno (1912) po svojoj veličini i po svojim specifičnim investicijama među najveće i najjeftinije hidroelektrane u Evropi [9].

Literatura

[1] Conrad W., *Die Auswahl und der Ausbau alpiner Wasserkräfte zum Zwecke des elektrischen Vollbahnbetriebes*, EuM 1908, str. 337—338.

[2] Tenzer H., *Hydroelektrische Anlage am Kerkaflusse in Dalmatien*, EuM 1908, str. 853, 882.

[3] Hütte I, Verlag W. Ernest und Sohn, Berlin 1908, str. 919—920.

[4] Ludin A., *Die Wasserkräfte*, Springer-Verlag, Berlin 1913.

[5] Tenzer H., *Das 100.000 PS Kraftwerk bei Almissa in Dalmatien*, EuM 1919, str. 173.

[6] Schenkel Th., *Karstgebiete und ihre Wasserkräfte*, A. Hartlebens Verlag, Wien u. Leipzig 1912.

[7] Jahrbuch des hydrographischen Zentralbureaus im. k. k. Ministerium f. öff. Arbeiten, Wien IX. — *Das Gebiet der Gewässer Dalmatiens*. Godišta 1900 — 1910.

[8] Hydrographisches Zentralbureau im k. k. Ministerium f. öff. Arbeiten, *Wasserkraft-Kataster*, Katasterblatt No. 21 u. 22, Cetina.

[9] Ziegerle P., *Hidroelektrična centrala Gubavica u Dalmaciji*, Tehnički list br. 3, 4, 5, god. 1922 (prijevod članka iz časopisa »Schweizerische Bauzeitung« 1920).

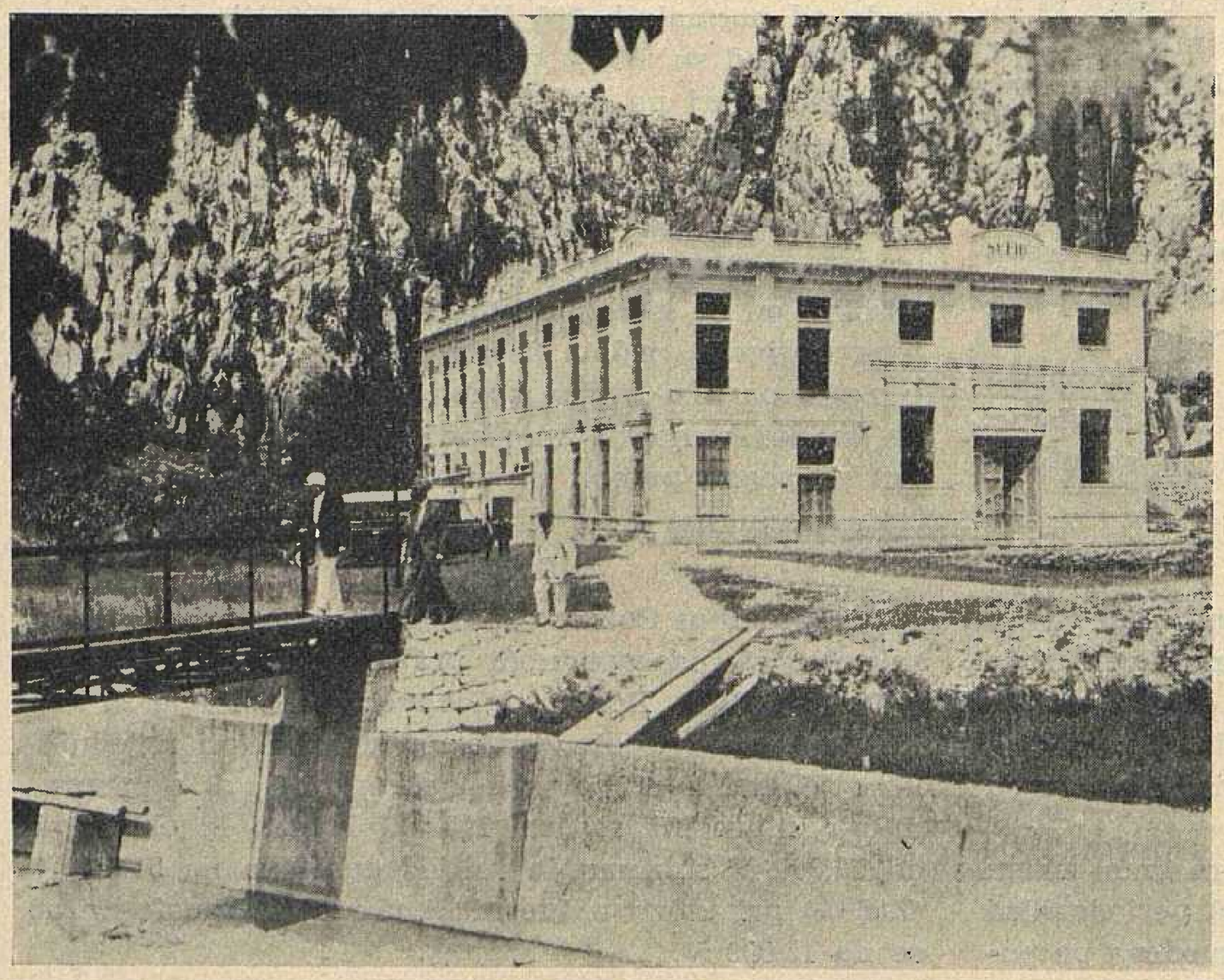
[10] Celegin A., *Vodene snage i njihovo eksploatiranje*, članak u knjizi »Dalmacija«, str. 209—228. Spomenica izdana 1923. u Splitu prigodom kongresa Udruženja jugoslavenskih inženjera i arhitekata (UJIA).

[11] Wilczek E., *Die Energieversorgung Dalmatiens*, EuM 1930, str. 474—477.

[12] Vidmar M., *Die Transformatoren, I. Auflage*, Springer-Verlag, Berlin 1921.

[13] Jerić J., *Vodne snage NR Hrvatske*. Izdanje Instituta za elektroprivredu, Zagreb 1952.

Naslov pisca: Ing. Jerko Jerić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37



Strojarnica HE Kraljevac 1912.

PROIZVODNOST HIDROELEKTRANE KRALJEVAC I NJEZINA ULOGA U RAZVOJU ELEKTRIFIKACIJE DALMACIJE

Hrvoje P o ž a r, Zagreb i Slavko B u t a r a, Kraljevac

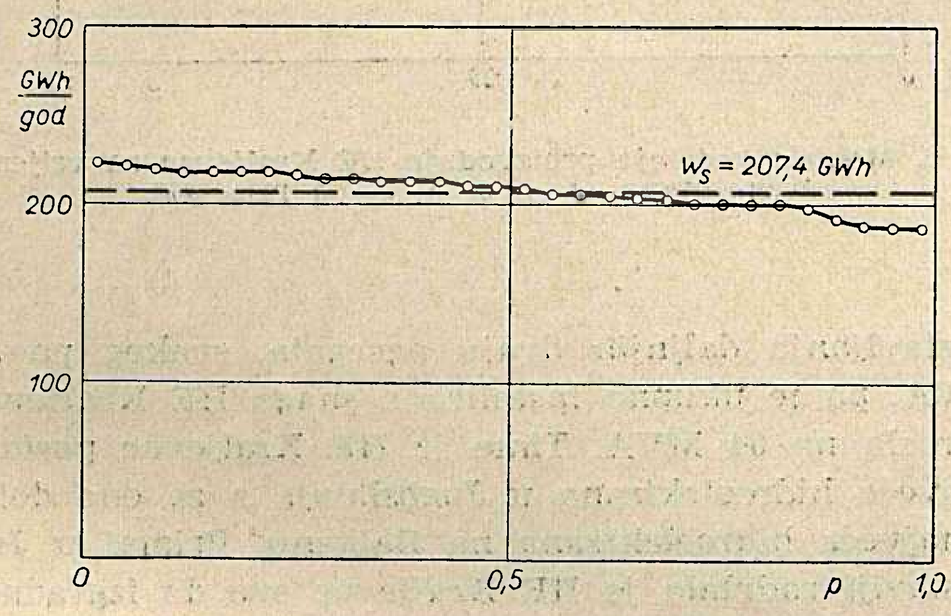
Razrađen je razvoj hidroelektrane Kraljevac po etapama njezine izgradnje i pojedinim vremenskim razdobljima. Prikazane su oscilacije moguće godišnje proizvodnje, te maksimalne, srednje i minimalne mjesečne moguće proizvodnje. Isto je tako prikazana i mreža priključena na HE Kraljevac, kao i povezivanje svih dalmatinskih hidroelektrana najprije međusobno, a zatim i s bosanskim izvorima, odnosno opskrbnim područjima. Pri koncu je opisano razdoblje nakon izgradnje akumulacije Peruća, te nakon izgradnje HE Split.

DK 621.311.21

1. Prva etapa izgradnje

Izgradnja hidroelektrane Kraljevac, koja koristi koncentrirani pad od 110 m kod slapa Gubavica na Cetini, započeta je godine 1908. Hidroelektrana je proradila 1912, a definitivno je stavljena u pogon 1913. s dva generatora ukupne prividne snage od 32 MVA, tjerana dvojnim Francisovim turbinama, koje ukupno mogu razviti snagu od oko 23 MW. U prvoj etapi izgradnje može se koristiti protok od 30 m³/sek.

Prosječna godišnja proizvodnja iznosila je tada 207,4 GWh. Ona je određena na osnovu protoka u tridesetgodišnjem razdoblju (1926—1955). Podaci o protocima za isto razdoblje korišteni su i za prikaz moguće proizvodnje i u daljnjem razvoju hidroelektrane Kraljevac.



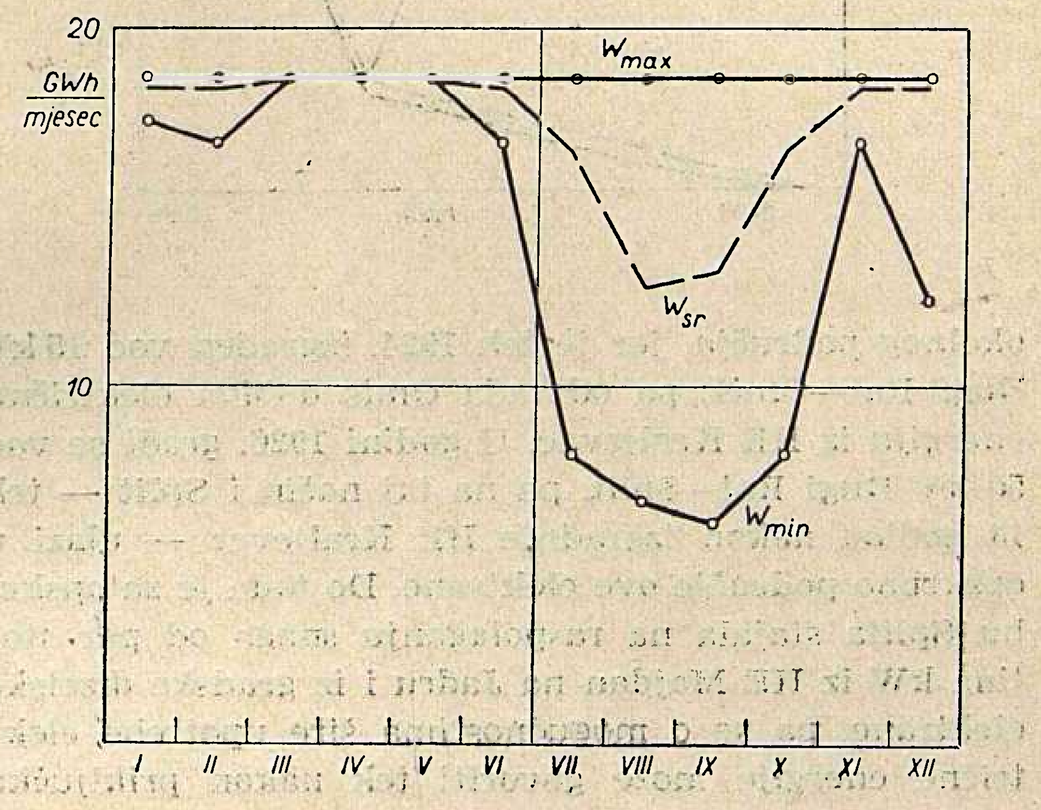
Sl. 1. Moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac za vrijeme prve etape izgradnje (Q_i = 30 m³/s) od 1913–1932.

Oscilacije moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac u prvoj etapi izgradnje prikazane su na sl. 1, dok su maksimalne, srednje i minimalne moguće mjesečne proizvodnje prikazane na sl. 2. Relativno malene oscilacije moguće godišnje proizvodnje i moguće mjesečne proizvodnje posljedica su vrlo malog iskoristivog protoka, koji iznosi tek 28 % od srednjeg dugogodišnjeg protoka.

Energija iz hidroelektrane Kraljevac koristi se za vrijeme prve etape izgradnje samo za pogon tvornice karbida u Dugom Ratu, koja može do godine 1917. preuzeti oko 11,5 MW, a od 1918. oko 12,0 MW, dakle tek nešto više od polovine maksimalne snage hidroelektrane. U tom razdoblju se koristi i samo polovina moguće proizvodnje hidroelektrane Kraljevac. Na žalost nisu sačuvani podaci o ostvarenoj proizvodnji HE Kraljevac u tom razdoblju.

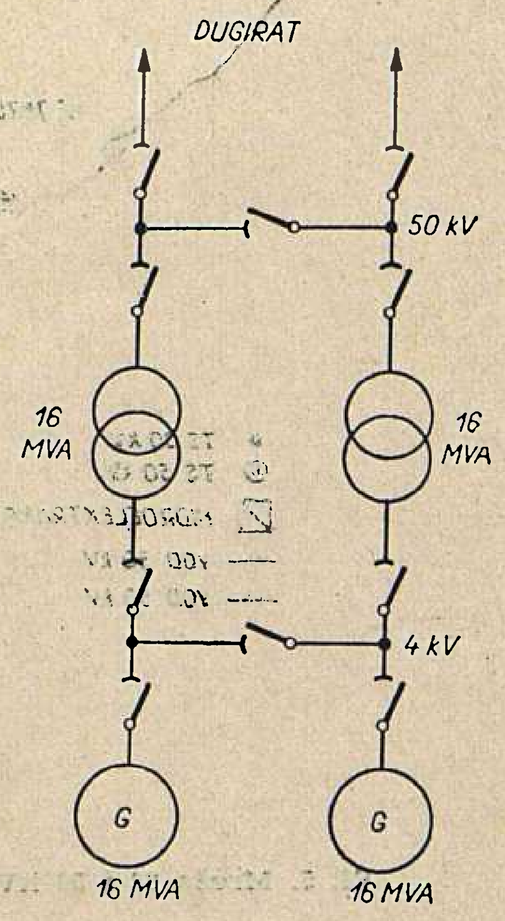
U to doba energija se od Kraljevca do Dugog Rata prenosi dvostrukim vodom 50 kV, a transformacija se vrši preko dva transformatora od 16 MVA (sl. 3).

Karakteristično je, da u HE Kraljevac ne postoje sklopke niti generatorskog napona niti napona dalekovoda. Obustavljanje pogona vršeno je tada smanjivanjem uzbude generatora.



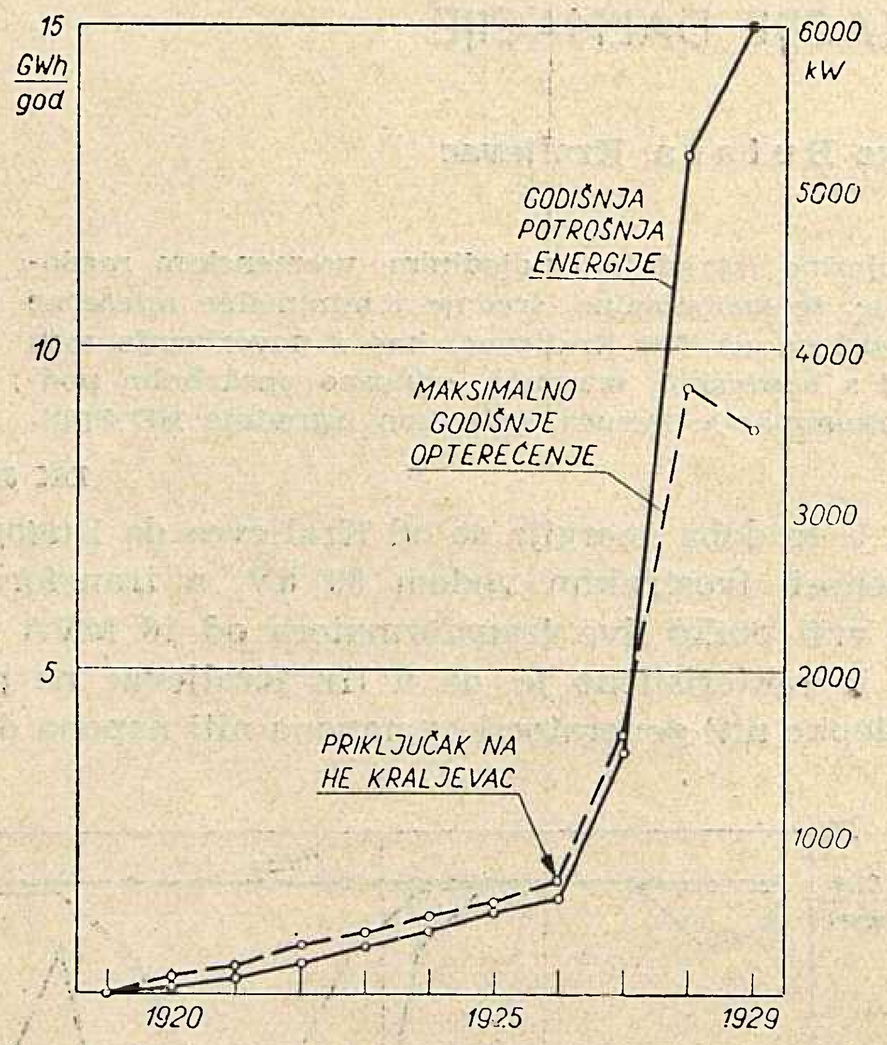
Sl. 2. Maksimalne, srednje i minimalne moguće mjesečne proizvodnje HE Kraljevac za vrijeme prve etape izgradnje (Q_i = 30 m³/s) od 1913–1932

Od stavljanja u pogon pa sve do godine 1924. postojanje za ono doba tako velikog elektroenergetskog izvora nema nikakvog utjecaja na elektrifikaciju



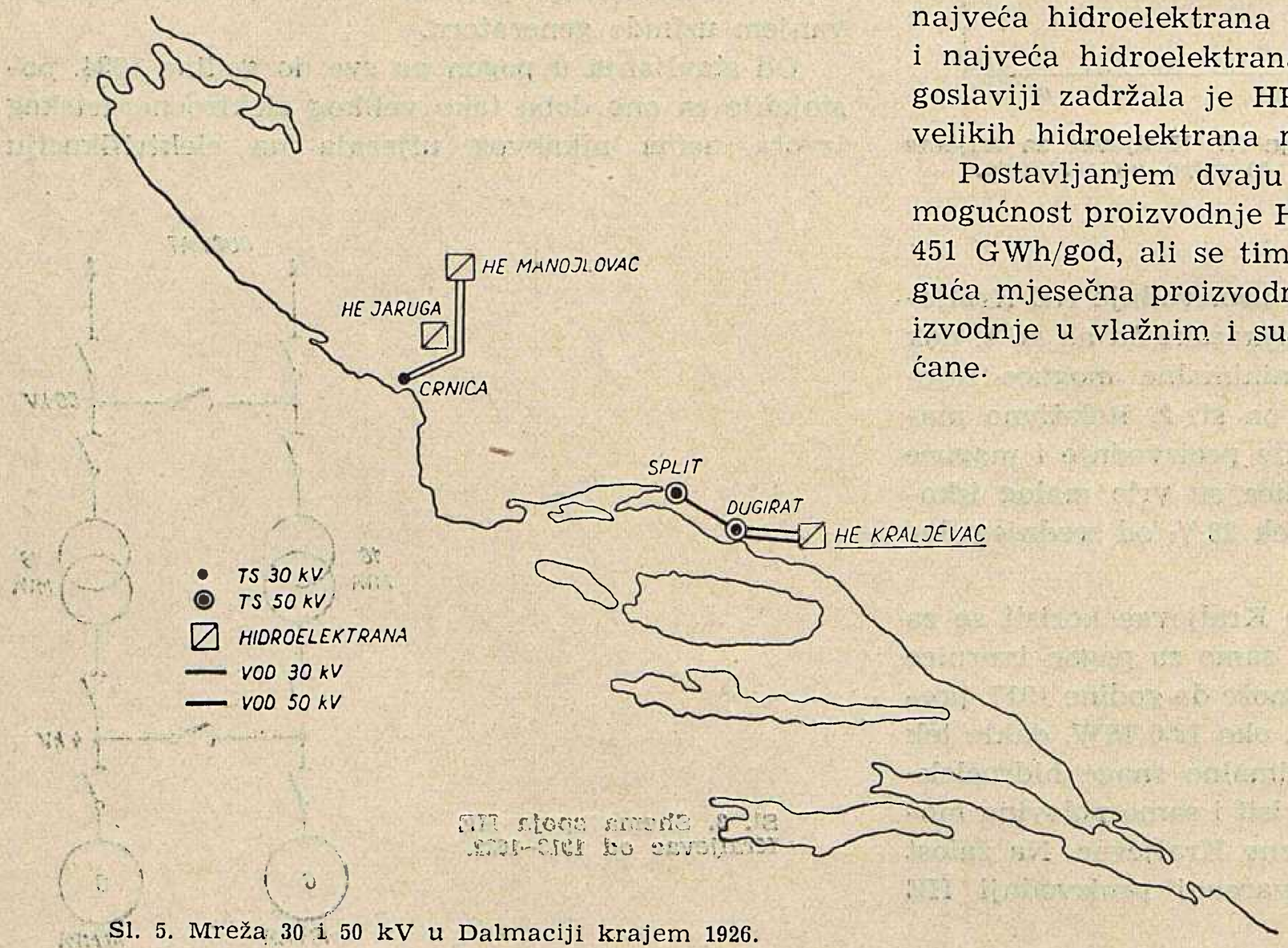
Sl. 3. Shema spoja HE Kraljevac od 1913–1932.

Sl. 4. Godišnja potrošnja energije i maksimalno godišnje opterećenje grada Splita od 1919—1929.



okolnog područja, jer je tek 1924. izgrađen vod 15 kV Dugi Rat—Omiš, pa od tada Omiš dobiva električnu energiju iz HE Kraljevac. U godini 1926. gradi se vod 50 kV Dugi Rat—Split, pa na taj način i Split — tek 13 godina nakon izgradnje HE Kraljevac — ulazi u opskrbno područje ove elektrane. Do tada je za opskrbu Splita stajala na raspolaganju snaga od par stotina kW iz HE Majdan na Jadru i iz gradske dizelske elektrane, pa se o mogućnostima šire upotrebe električne energije može govoriti tek nakon priključka Splita na HE Kraljevac (sl. 4).

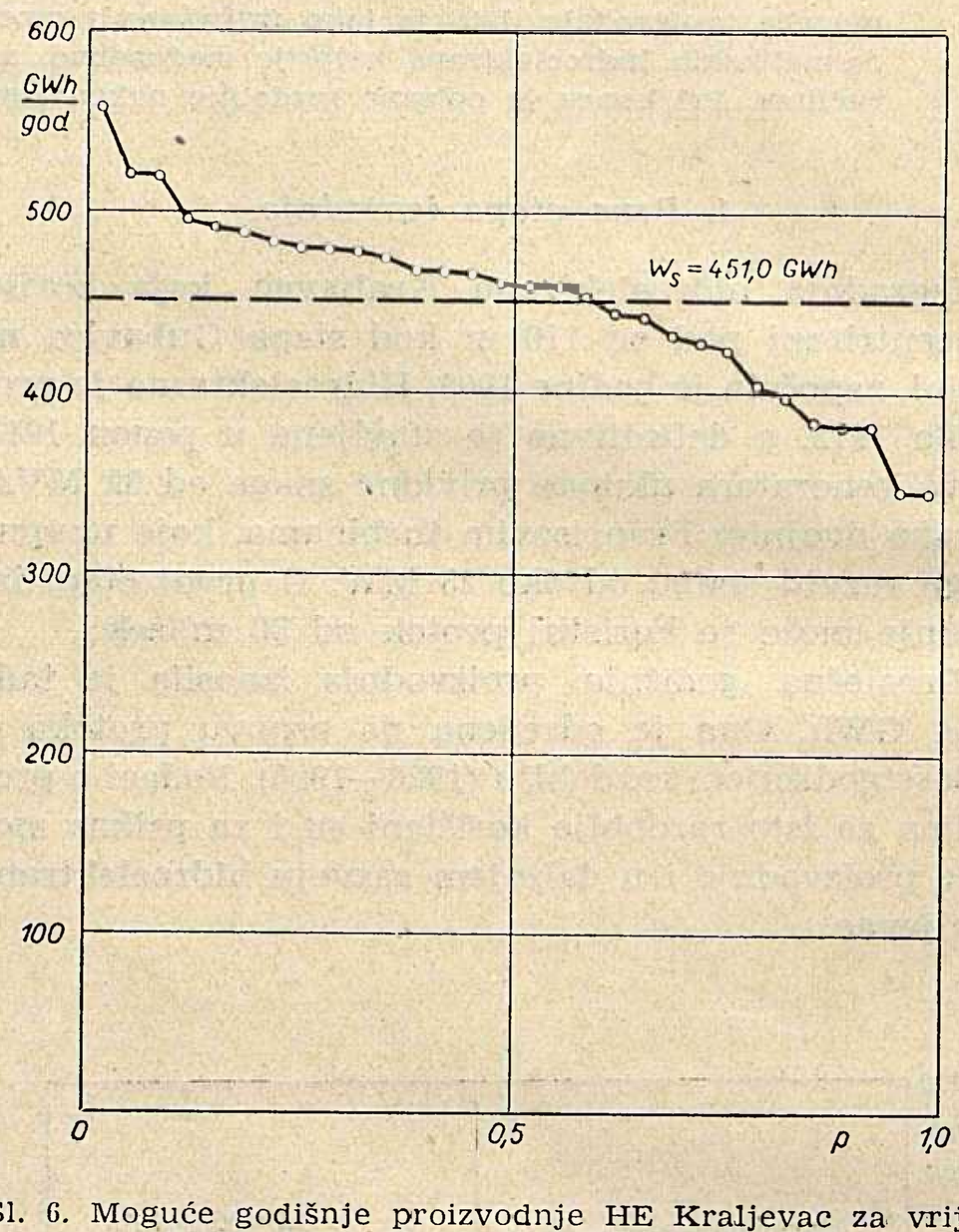
Mreža priključena na HE Kraljevac godine 1929. prikazana je na sl. 5.



Sl. 5. Mreža 30 i 50 kV u Dalmaciji krajem 1926.

2. *Druga etapa izgradnje*

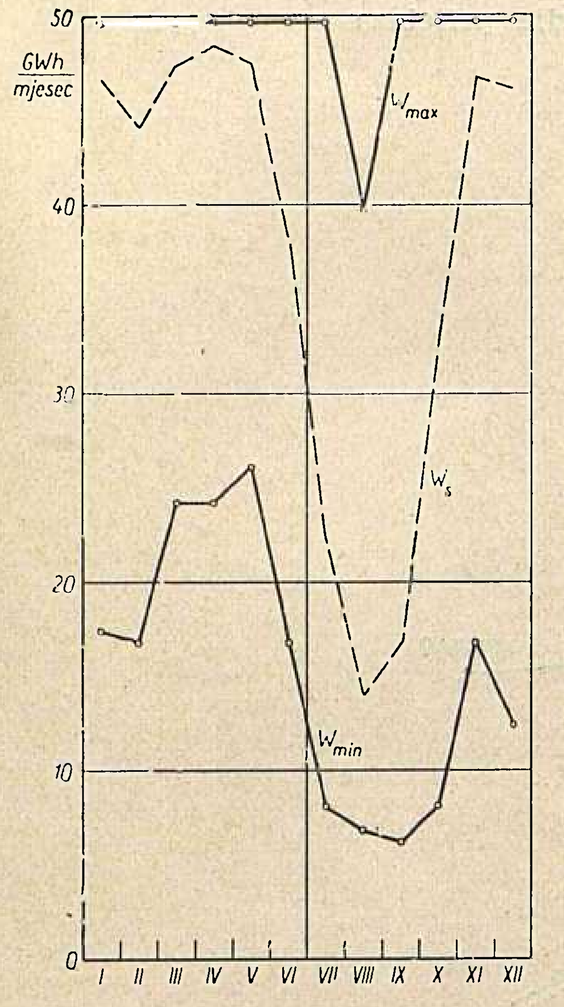
Iako su hidrograđevinski objekti već u prvoj etapi izgradnje bili izvedeni za korištenje protoka od 80 m³/sek, trebalo je da prođe skoro 20 godina, da se postave daljnji agregati kako bi se iskoristio cijeli protok koji može doteći u vodostan. U 1932. dolazi do



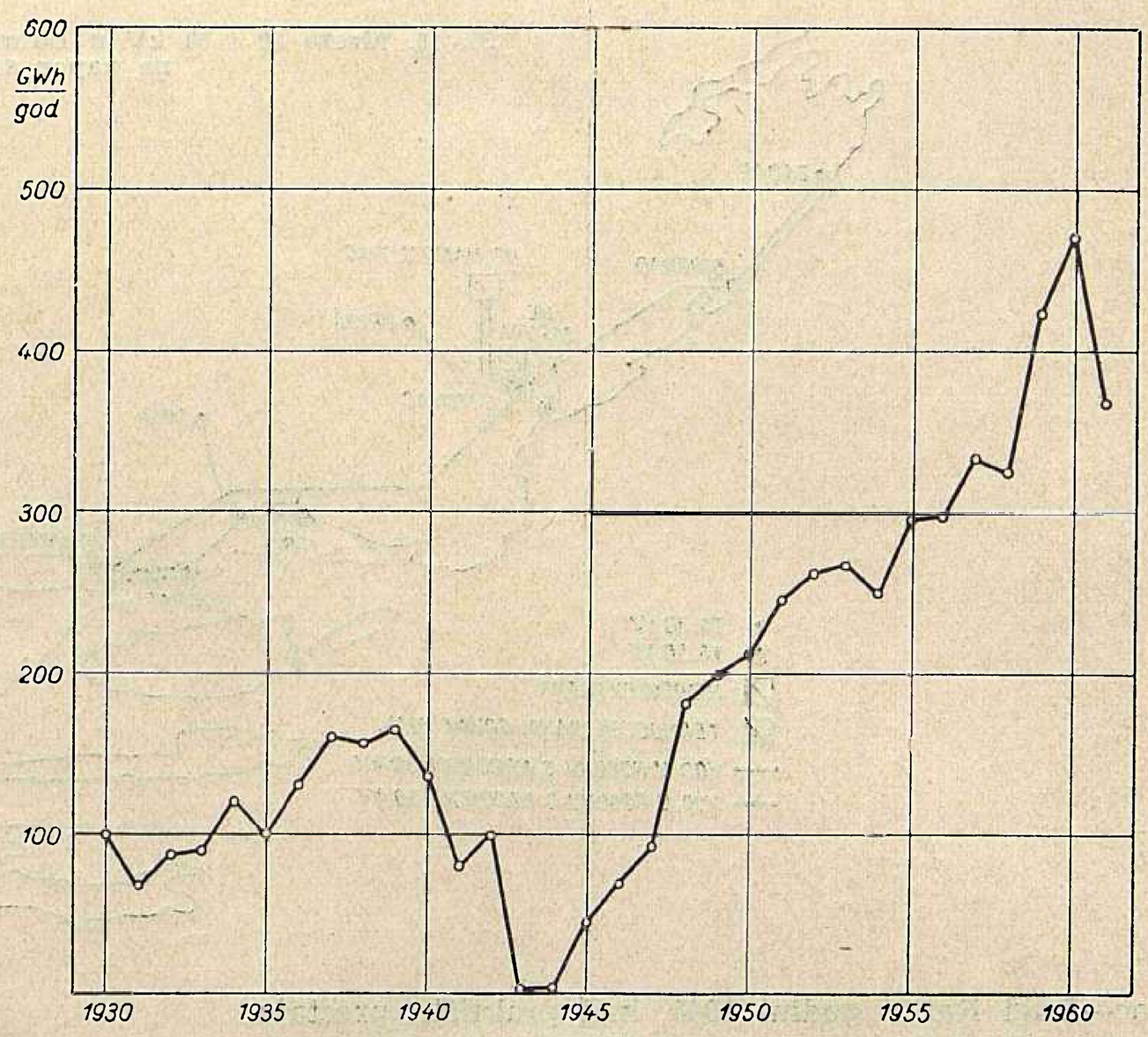
Sl. 6. Moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac za vrijeme druge etape (Q_i = 80 m³/s) od 1932—1958.

postavljanja daljnjih dvaju agregata, svakog po 26 MVA, pa je ukupna instalirana snaga HE Kraljevac porasla na 84 MVA. Time je HE Kraljevac postala najveća hidroelektrana u Jugoslaviji, a za ono doba i najveća hidroelektrana na Balkanu. Primat u Jugoslaviji zadržala je HE Kraljevac sve do izgradnje velikih hidroelektrana nakon Oslobođenja.

Postavljanjem dvaju novih agregata znatno raste mogućnost proizvodnje HE Kraljevac (sl. 6) koja iznosi 451 GWh/god, ali se tim ne povećava minimalna moguća mjesečna proizvodnja (sl. 7), dok su razlike proizvodnje u vlažnim i sušnim mjesecima znatno povećane.



Sl. 7. Maksimalne, srednje i minimalne moguće mjesečne proizvodnje HE Kraljevac za vrijeme druge etape izgradnje (Q_i = 80 m³/s) od 1932–1958.



Sl. 8. Ostvarene godišnje proizvodnje HE Kraljevac od 1930 – 1961.

Istodobno s ugradnjom dvaju novih agregata postavljaju se i dva transformatora po 35 MVA prvobitno građena za 80 kV, ali prije stavljanja u pogon pregrađena za napon od 61,5 kV, pa su se na taj način mogli koristiti već postojeći vodovi 50 kV. Treba napomenuti, da je pogon podržavan s naponom nešto višim od 50 kV, što je ovisilo o opterećenju koje su tražili potrošači.

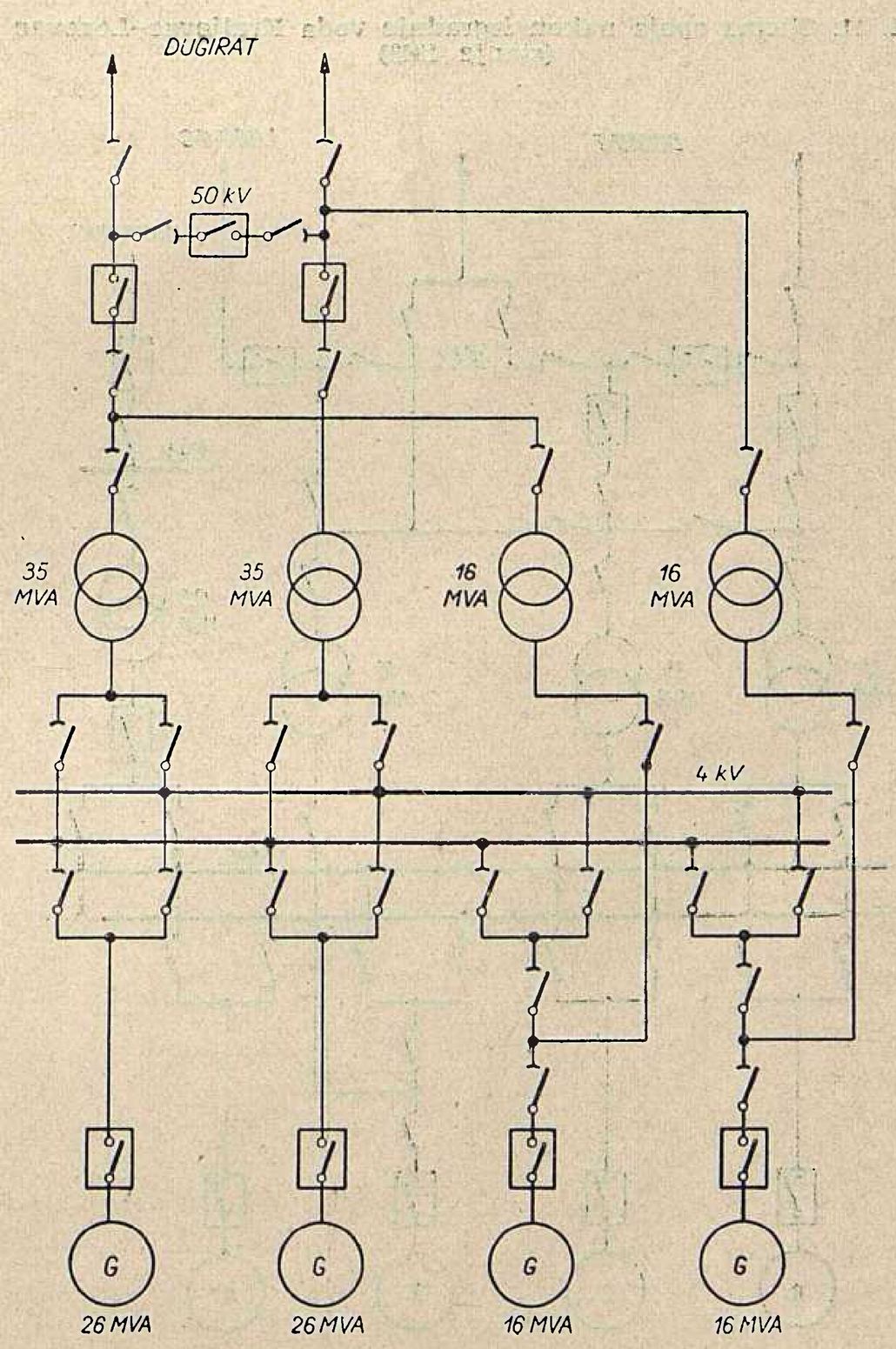
Istodobno s postavljanjem agregatâ od 26 MVA rekonstruirano je rasklopno postrojenje (sl. 9) u kojemu su postavljene u generatorske odvode sklopke 60 kV. Sklopke su međutim rijetko upotrebljavane radi slabe konstrukcije, pa se i dalje pogon normalno obustavlja sniženjem uzbude generatora.

U to doba pogon se vodio odvojeno. Najčešće je jedan od većih generatora preko većeg transformatora i jednog voda 50 kV opskrbljivao lučne peći u tvornici u Dugom Ratu, dok su jedan ili dva generatora preko drugog većeg transformatora i drugog voda 50 kV napajali pomoćne pogone u tvornici karbida i ostale potrošače. Takav je pogon bio potreban jer nije postojala mogućnost isklapanja lučnih peći i jer se željelo održavati željeni napon na pećima neovisno o potrebnom naponu za druge potrošače.

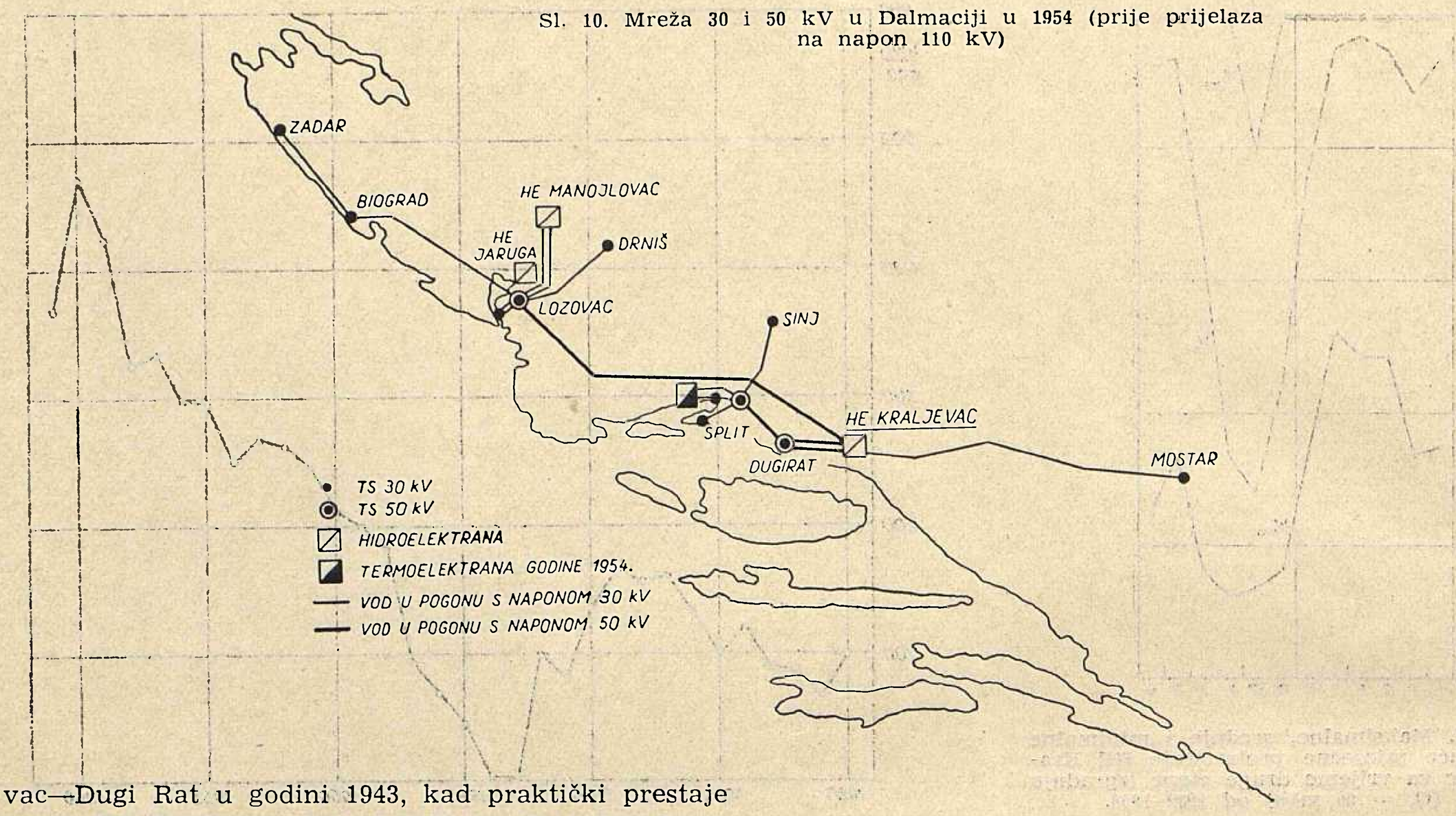
Međutim i pored znatnog povećanja instalirane snage i povećanja moguće proizvodnje, ostvarivana proizvodnja HE Kraljevac ne postiže sve do godine 1948. znatno veći iznos od trećine moguće godišnje proizvodnje (sl. 8). Izvjesno povećanje proizvodnje posljedica je povećanja kapaciteta tvornice karbida u Dugom Ratu postavljanjem novih lučnih peći (ukupno maksimalno opterećenje oko 23 MW) i proširenja mreže 10 kV u okolini Splita (Trogir, Žrnovnica, Stobreč, Grljevac).

Takvo stanje ostaje sve do oštećenja HE Kraljevac od bombardiranja i do onesposobljenja voda Kralje-

Sl. 9. Shema spoja HE Kraljevac od 1932 – 1948.

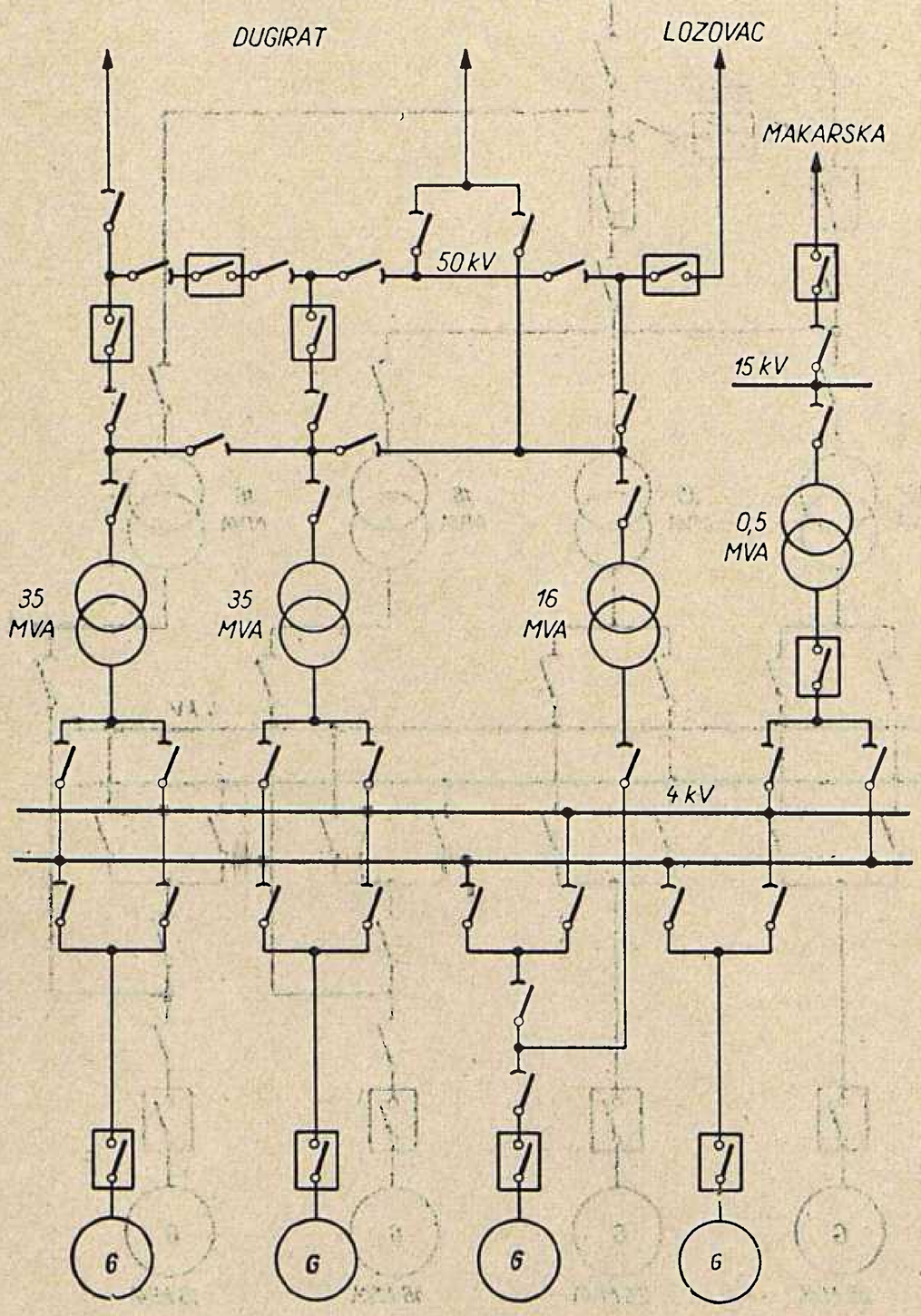


Sl. 10. Mreža 30 i 50 kV u Dalmaciji u 1954 (prije prijelaza na napon 110 kV)



vac—Dugi Rat u godini 1943, kad praktički prestaje pogon HE Kraljevac, jer od tada pa do Oslobođenja radi samo za opskrbu neposredne okoline. Odmah nakon Oslobođenja pristupa se obnovi oštećenih dijelova postrojenja i voda, pa od 1945—1947. HE Kraljevac opskrbljuje praktički isto područje kao i prije godine 1941.

Sl. 11. Shema spoja nakon izgradnje voda Kraljevac–Lozovac (stanje 1949)



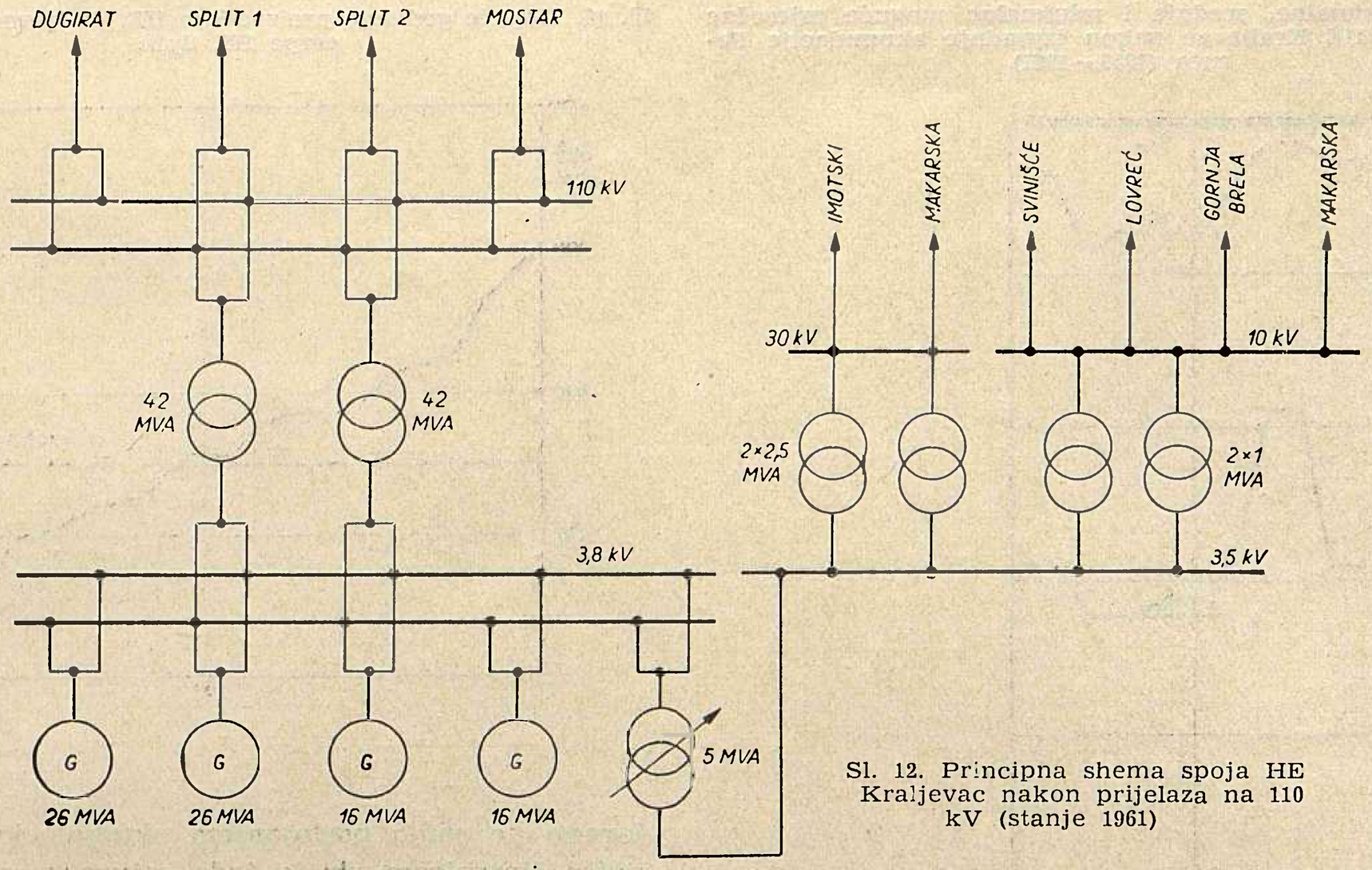
3. Razdoblje od 1948. do 1958.

Do godine 1948. prilike u elektrifikaciji Dalmacije karakterizirane su činjenicom, da svaka od većih hidroelektrana, koje su tada postojale u Dalmaciji (Kraljevac, Manojlovac i Jaruga) opskrbljuju vlastite potrošače bez ikakove međusobne veze. Imamo čak i takvu situaciju, da jedna od hidroelektrana (HE Jaruga) napaja motorne pogone, a druga hidroelektrana (HE Manojlovac) lučne peći istog potrošača. Osim toga potrošači u šibenskom području traže više nego što im mogu dati hidroelektrane na Krki (Manojlovac i Jaruga), dok s druge strane (sl. 6 i sl. 8) znatan dio energije, koju bi mogla proizvesti HE Kraljevac, ostaje neiskorišten. Radi toga se i gradi vod 110 kV Kraljevac—Lozovac, koji omogućuje prijenos energije iz HE Kraljevac do potrošača u području Šibenika. Vod Kraljevac—Lozovac dovršen je početkom 1948. i tada stavljen u pogon s naponom 50 kV. Sredinom 1948. ostvaren je paralelni rad svih triju ranije spomenutih hidroelektrana, pa je tada i počeo radom elektroenergetski sistem Dalmacije, što je omogućilo bolje iskorištenje mogućnosti proizvodnje HE Kraljevac, koja u toj godini postiže najveću proizvodnju od početka pogona (sl. 8).

Nešto kasnije HE Kraljevac preuzima i opskrbu Mostara i gradilišta HE Jablanica, jer je 1952. izgrađen vod 110 kV Kraljevac—Mostar, koji je stavljen u pogon s naponom od 30 kV.

Područje u koje dopire energija iz HE Kraljevac sve se više širi, pa se proteže od Zadra do Mostara (sl. 10) što je tražilo i izvjesne izmjene u shemi HE Kraljevac (sl. 11).

Takvo proširenje opskrbnog područja sa znatnim povećanjem opterećenja nije više dozvoljavalo održavanje odvojenog pogona agregata u HE Kraljevac, pa se je u godini 1950. prešlo — nakon djelomične rekonstrukcije rasklopnog postrojenja tvornice karbida



Sl. 12. Principna shema spoja HE Kraljevac nakon prijelaza na 110 kV (stanje 1961)

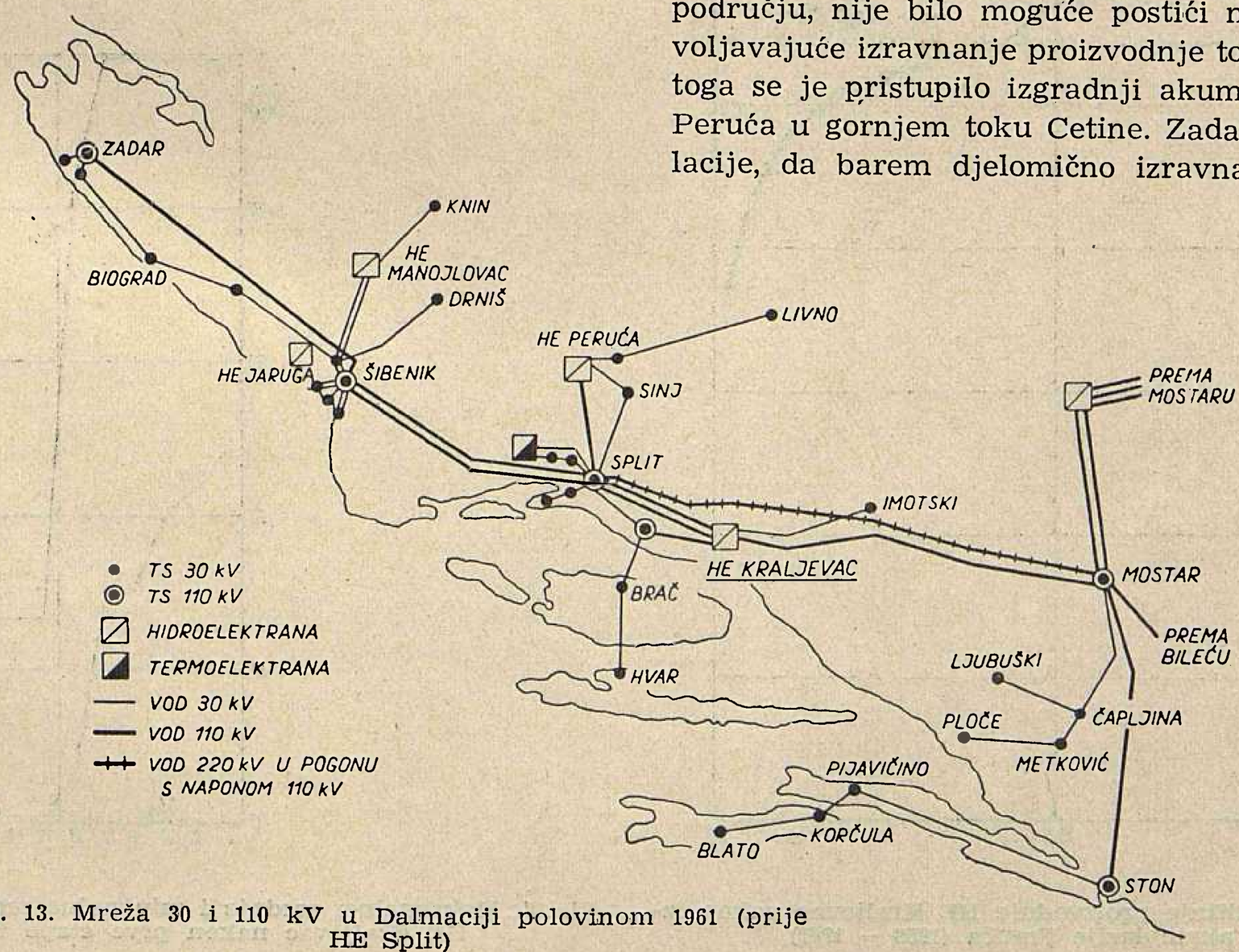
u Dugom Ratu — na paralelni rad svih generatora u HE Kraljevac. Na taj način povećana je sigurnost opskrbe potrošača i mogućnost boljeg iskorištenja agregata u HE Kraljevac.

Izgradnja HE Jablanica na Neretvi i povezivanje mreže u Dalmaciji s elektroenergetskim sistemom u ostalim područjima Jugoslavije tražilo je prijelaz mreže u Dalmaciji na napon od 110 kV (godine 1955). To je zahtijevalo izgradnju novog rasklopnog postrojenja u HE Kraljevac, te postavljenje novih transformatora (sl. 12) kao i izgradnju novih rasklopnih postrojenja 110 kV u Dugom Ratu, Splitu i Šibeniku, te novih vodova prema Dugom Ratu i drugih vodova prema Splitu i Mostaru (sl. 13) kako bi se mogla plasirati sva energija iz HE Kraljevac i prenijeti potrebna energija iz HE Jablanica i ostalih elektrana u bosanskom području.

Uključivanjem u ondašnji centralni elektroenergetski sistem HE Kraljevac ostvaruje godišnju proizvodnju od preko 300 GWh (sl. 8).

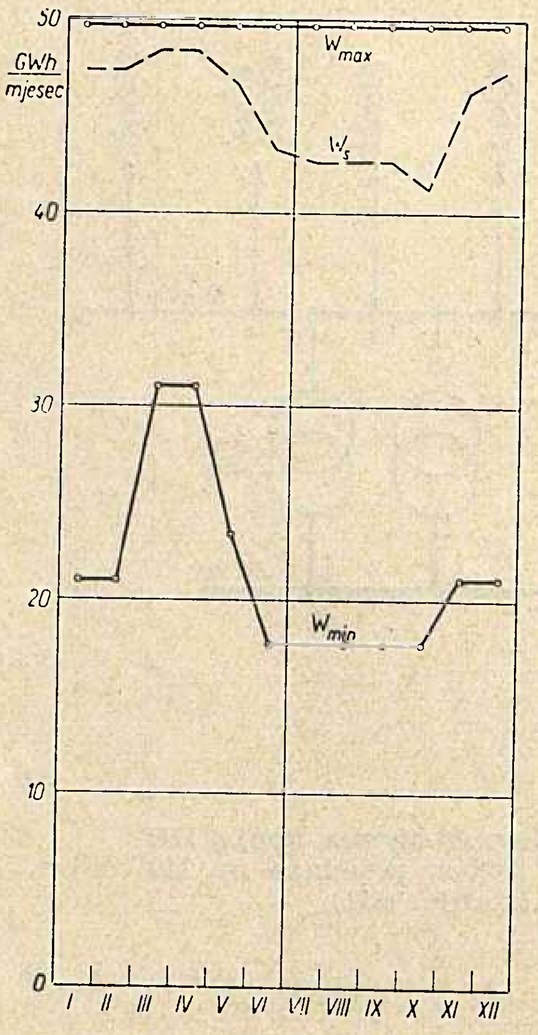
4. Razdoblje nakon izgradnje akumulacije Peruća (1958—1961)

Međutim i pored akumulacije u HE Jablanica, termoelektrane Jugovinil i termoelektrana u bosanskom području, nije bilo moguće postići ni približno zadovoljavajuće izravnanje proizvodnje tokom godine. Radi toga se je pristupilo izgradnji akumulacionog bazena Peruća u gornjem toku Cetine. Zadatak je te akumulacije, da barem djelomično izravna protoke Cetine,



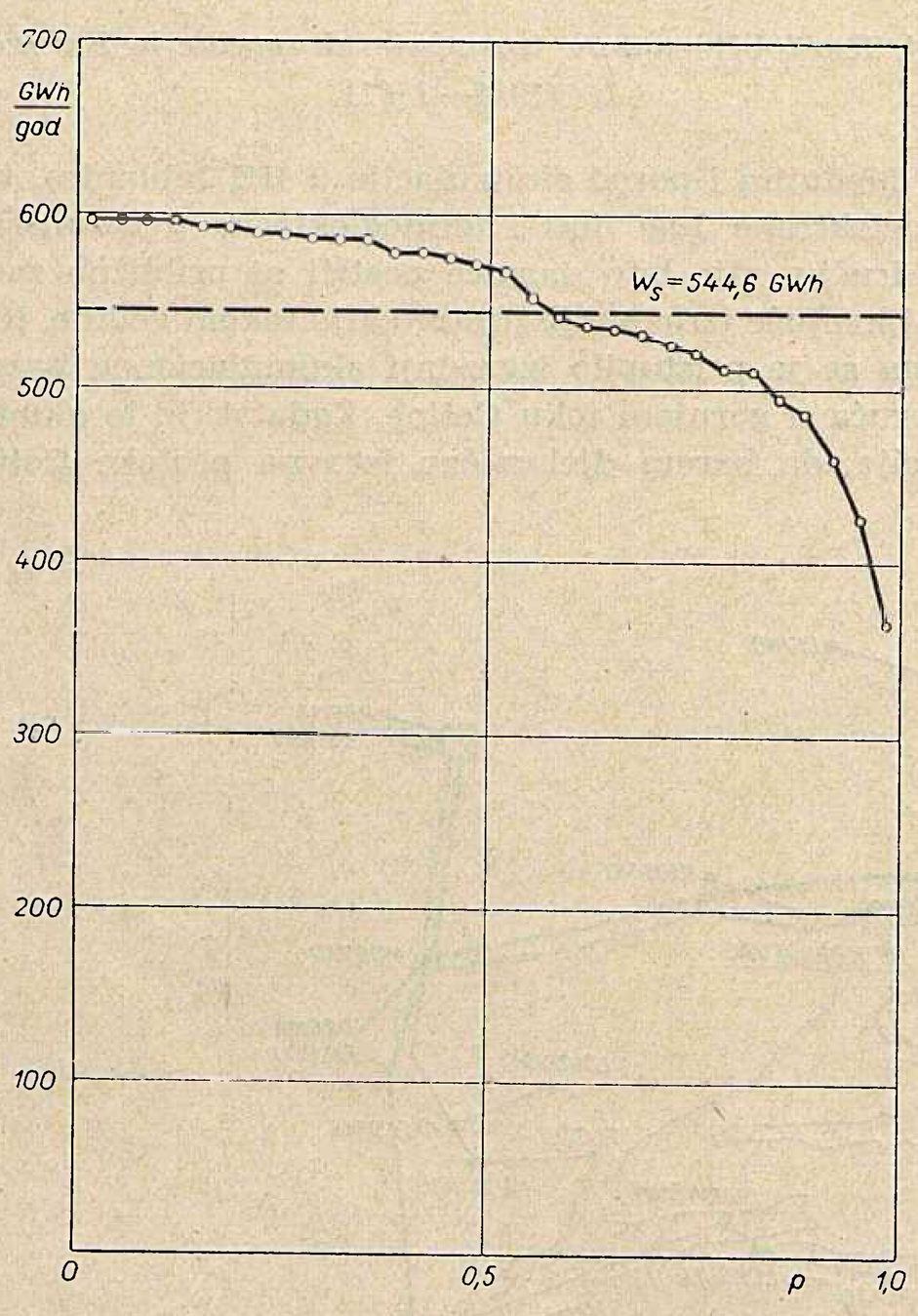
Sl. 13. Mreža 30 i 110 kV u Dalmaciji polovinom 1961 (prije HE Split)

Sl. 14. Maksimalne, srednje i minimalne moguće mjesečne proizvodnje HE Kraljevac nakon izgradnje akumulacije Peruća (1958 – 1961)



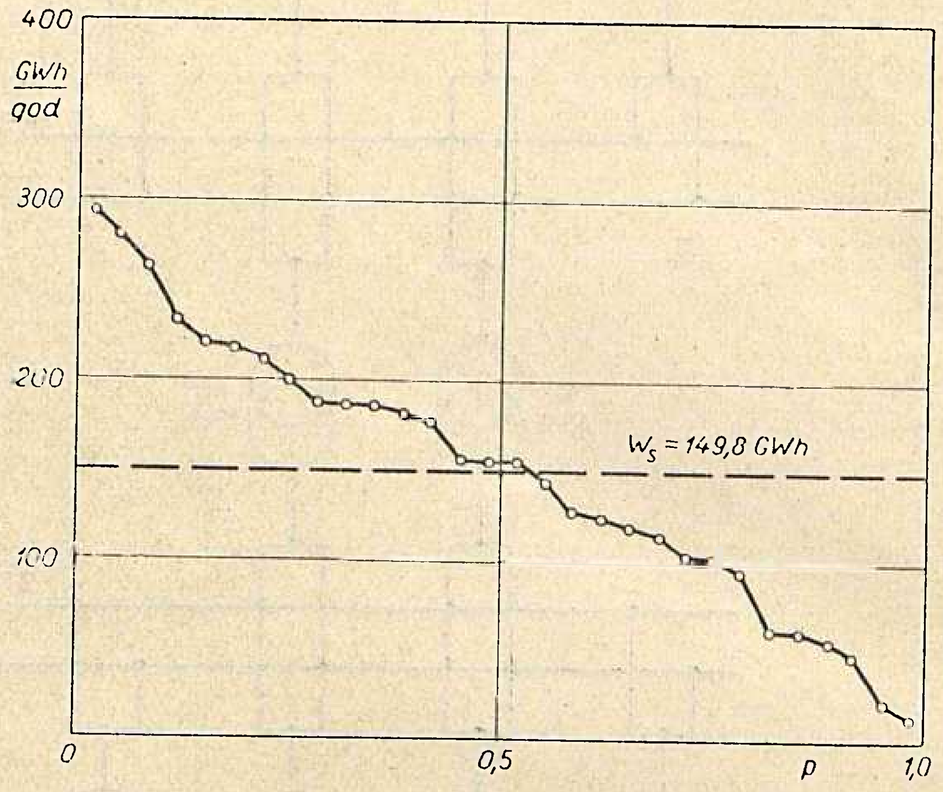
kako bi se ostvarila veća proizvodnja u ljetnim i ranim jesenskim mjesecima (sl. 14). Izgradnjom akumulacije Peruća povećana je moguća godišnja proizvodnja HE Kraljevac (sl. 15). Korištenje te akumulacije počelo je pred kraj godine 1958.

Nakon izgradnje akumulacije Peruća HE Kraljevac postiže svoju najveću proizvodnju, što je bilo uvje-



Sl. 15. Moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac nakon izgradnje akumulacije Peruća (1958 – 1961)

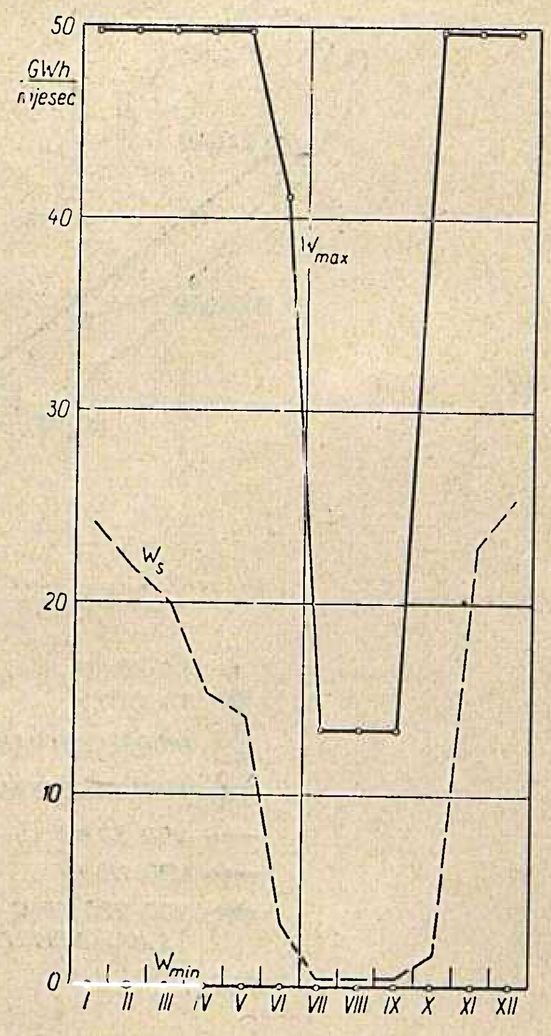
Sl. 16. Moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac nakon prve etape HE Split



tovano ne samo postojanjem akumulacionog bazena već i činjenicom, da je tada ostvarena veza između centralnog i zapadnog sistema Jugoslavije (vod Jajce—Zagreb).

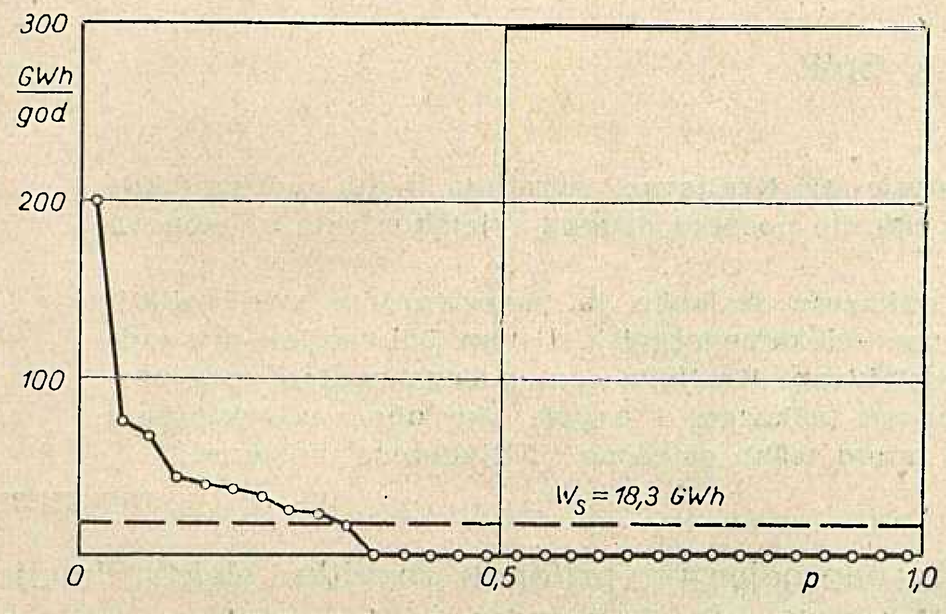
5. Razdoblje nakon izgradnje HE Split

Takvo stanje međutim nije dugo potrajalo. Pokazalo se, naime, da je — i pored postojanja HE Kraljevac — ekonomično izgraditi HE Split, koja koristi skoro cijeli pad Cetine od Trilja do mora u jednoj stepenici. Prilikom donošenja odluke o gradnji HE Split uzeto je u obzir stanje građevinskih objekata HE Kraljevac (u 1948. pojavila se pukotina na vodostanu i stijeni iznad vodostana) kao i stanje agregata (dva agregata su u pogonu već pedeset, a druga dva već trideset godina).

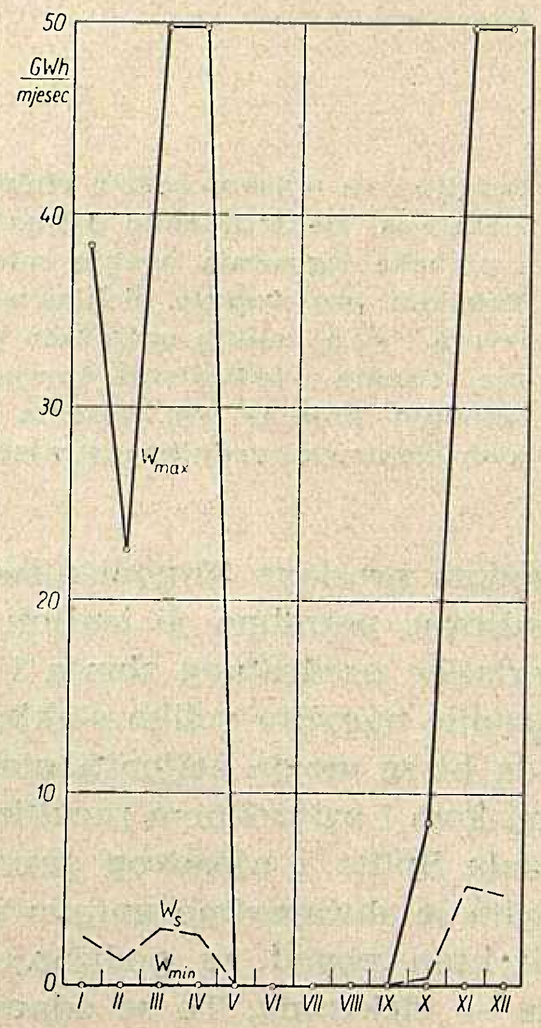


Sl. 17. Maksimalne, srednje i minimalne moguće proizvodnje HE Kraljevac nakon prve etape HE Split

Sl. 18. Moguće godišnje proizvodnje HE Kraljevac nakon konačne izgradnje HE Split



Sl. 19. Maksimalne, srednje i minimalne moguće mjesečne proizvodnje HE Kraljevac nakon konačne izgradnje HE Split



Prva etapa HE Split može koristiti protok od 100 m³/sek, pa za HE Kraljevac ostaje na raspolaganju voda samo onda, kad su protoci veći od 100 m³/sek, jer se u HE Split iskorištava voda na padu koji je za 2,5 puta veći nego u HE Kraljevac.

Prvi agregat HE Split stavljen je u pogon polovinom septembra 1961., pa je radi toga i proizvodnja HE Kraljevac u 1961. nešto smanjena u usporedbi s proizvodnjom u 1960. godini (sl. 8).

I pored toga u toj etapi izgradnje HE Split srednja moguća proizvodnja HE Kraljevac iznosi oko 150 GWh (sl. 16). Ne postoji međutim skoro nikakova sigurnost pojave voda raspoloživih za HE Kraljevac, jer se u svakom od mjeseci može pojaviti takva situacija, da HE Kraljevac ne može proizvesti nijednog kWh (sl. 17). U tom razdoblju međutim generatori u HE Kraljevac moći će se i pored korištenja viška voda upotrebiti za proizvodnju jalove snage.

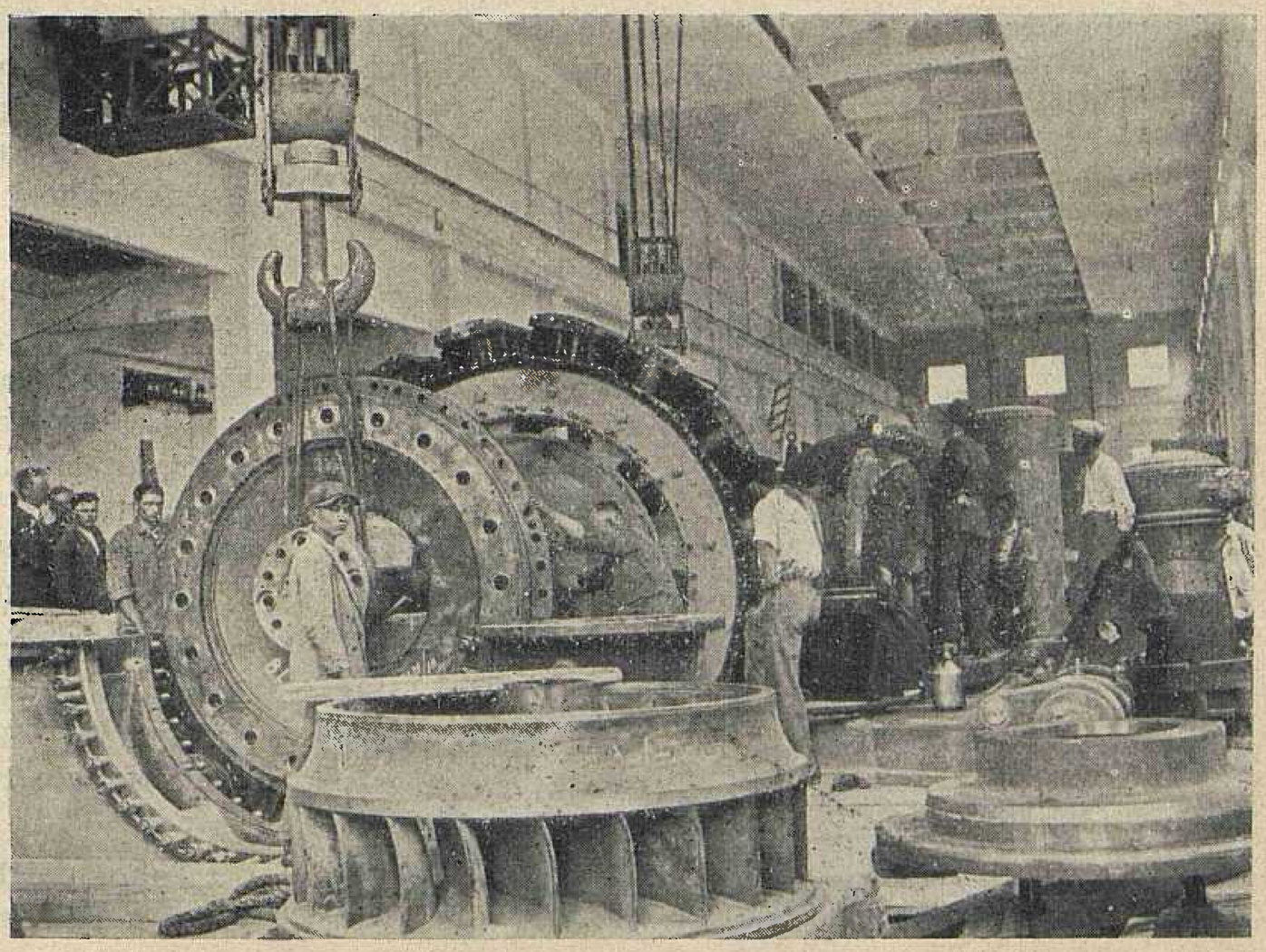
Nakon konačne izgradnje HE Split (Q_i = 200 m³/sek) praktički će prestati svaka mogućnost proizvodnje u HE Kraljevac, (sl. 18), jer će se skoro sva voda Cetine moći iskoristiti u HE Split. I tada će se međutim, iako vrlo rijetko, pojaviti mogućnost punog iskorištenja instalirane snage HE Kraljevac (sl. 19) ukoliko do tog vremena agregati u HE Kraljevac budu sposobni za pogon.

Literatura

Celegin, *Vodene snage i njihovo eksploatiranje,* »Dalmacija«, Spomenica, izdanje Udruženja jugosl. inženjera i arhitekata, Split, 1923, str. 209.

Jutronić, *Prikaz elektrifikacije Dalmacije i energetska situacija.* Zbornik Društva inženjera i tehničara, Split, 1958. str. 441.

Naslov pisaca: Prof. dr ing. Hrvoje Požar, profesor Elektrotehničkog fakulteta i suradnik Instituta za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37 i ing. Slavko Butara, Hidroelektrana Kraljevac



Montaža strojeva

ELEKTRIFIKACIJA DALMACIJE S POSEBNIM OSVRTOM NA ULOGU HE KRALJEVAC

Petar Jutronić, Split

Detaljno su opisani počeci elektrifikacije Dalmacije do izgradnje HE Kraljevac, izgradnja malih industrijskih elektrana, elektrifikacija dalmatinskih gradova do 1920. i od 1920. do početka drugog svjetskog rata, te obnova i planska izgradnja poslije rata.
Tabelom proizvodnje električne energije od 1931. do 1960. dokazuje se kako je povezivanjem svih velikih izvora i svih velikih potrošača u Dalmaciji u jednu cjelinu, tzv. »elektroenergetski sistem Dalmacije«, a u zadnje vrijeme u jedinstveni energetski sistem Jugoslavije, hidroelektrani Kraljevac omogućena znatno veća proizvodnja, koja je 1960. dosegla 472 milijuna kilovatsati. Vjerno su prikazani i napori oko obnove elektrane i svih elektroprivrednih postrojenja u Dalmaciji, koja su bila ratom teško oštećena ili djelomice uništena.

DK 621.311.1

Prigodom proslave 50-godišnjice puštanja u pogon HE Kraljevac potrebno je iznijeti i uočiti specifične karakteristike predratnog stanja i uvjeta pod kojima su se gradile naročito velike elektrane i krupna industrija, da bi se mogla ocijeniti uloga ove elektrane u industrijskom i privrednom razvitku Dalmacije, a osobito grada Splita i njegovog gravitacionog područja. U mnogim je slučajevima upravo izgradnja industrije bila direktan povod za podizanje izvora električne energije — elektrana. To se odnosi na tvornice karbida i ferolegura, tvornice cementa, itd. u ovom kraju.

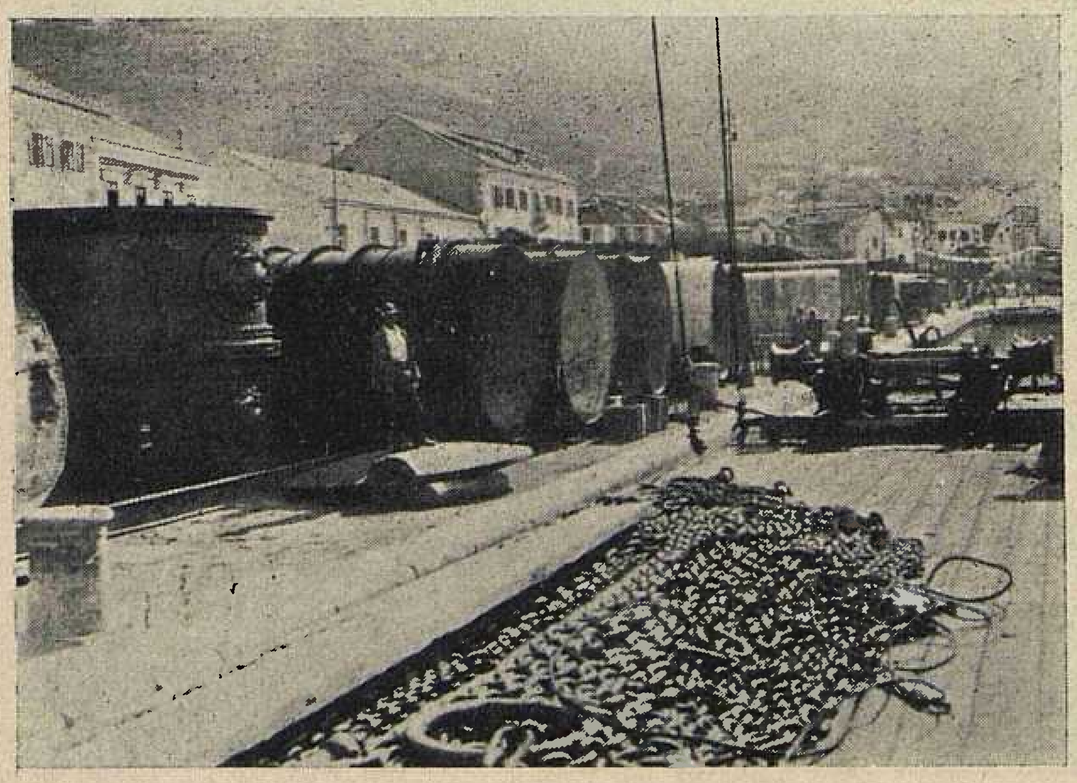
Među ostalim karakteristikama tog vremena osobito se ističe kao važan faktor odnos države prema prirodnim bogatstvima zemlje, te je — blago rečeno — nezainteresiranost ondašnjih vlastodržaca i režima (Austro-Ugarske i stare Jugoslavije) uzrokovala da je pretežni dio krupnih postrojenja došao u ruke tuđeg kapitala. Stoga je prirodno, da su predstavnici toga kapitala nastojali da uz minimalne investicije izvuku što veću korist. To je najviše došlo do izražaja u izgradnji HE Kraljevac, gdje je — na bazi dobivenih koncesija — iskorišten samo jedinstveni pad Gubavice, bez obzira na opće vodoprivredno rješenje ukupnog sliva rijeke Cetine.

Tek u novoj Jugoslaviji ispravljene su greške prošlosti: ukinute su sve koncesije. Zakonom o nacionalizaciji država je dobila u posjed sve izvore električne energije.

Potrebno je osobito istaknuti, da je HE Kraljevac — uza sve navedene manjkavosti u projektiranju — dala neprocjenjivi prilog u razvitku elektrifikacije i industrijalizacije Dalmacije, u ekonomskom uzdizanju i povišenju standarda stanovnika osobito u periodu poslije II svjetskog rata (od godine 1947), kad su energetski povezani splitski i šibenski bazen, a time se njezino područje djelovanja proširilo do Zadra.

Ovaj prikaz zahvaća paralelno s razvojem industrije i druge elemente, ukoliko oni imaju makar i indirektne veze s osnutkom i djelovanjem HE Kraljevac. To je učinjeno radi dopune i boljeg sagledavanja opće energetske situacije u proteklom periodu i razvitku industrije na cijelom teritoriju Dalmacije.

Cijevi istovarene u makarskoj luci



Počeci elektrifikacije Dalmacije

Kako je već ranije prikazano, na padovima Skradinskog buka na donjem toku rijeke Krke bila je 1895. izgrađena mala hidroelektrana Jaruga od 300 kVA za snabdijevanje Šibenika električnom energijom, koja se do grada prenosila vodom 11 km duljine na naponu od 3000 volti. Distribucija u gradu vršena je jednofazno naponom od 110 V.

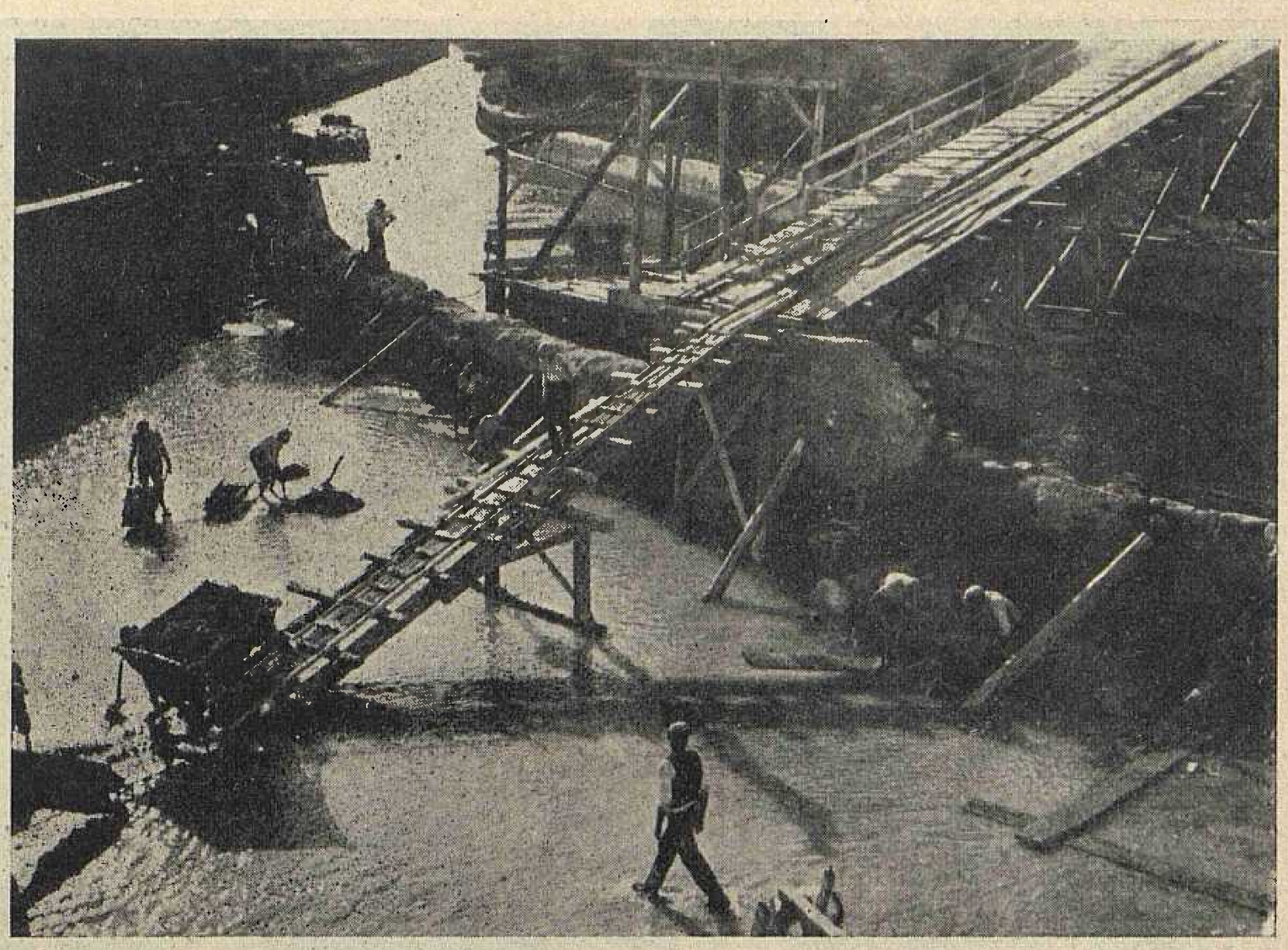
U cilju ispitivanja mogućnosti za proizvodnju kalcijevog karbida talijanski interesent (»Società Veneziana elettrochimica«) podigao je 1898. u neposrednoj blizini HE Jaruga novu elektranu, također od 300 kVA, i malu pokusnu tvornicu od dvije male elektropeći. Bio je to početak industrije te vrsti u Dalmaciji. Međutim već 1900. tvornica je bila zahvaćena požarom i uništena. Tako je cijela snaga elektrana u Jarugi ostala na raspoloženju gradu, gdje se počinje razvijati industrija lokalnog karaktera: tvornica tjestenine, mlinska industrija na električni pogon, tvornica leda itd.

Godine 1901. sklopljen je u Trstu sporazum, po kojem društvo »Società Italiana per il Carburo di Calcio« u Rimu otkupljuje od tvrtke »Ante Šupuk i sin« u Šibeniku koncesiju za iskorišćenje vode na Skradinskom buku, a od društva »Società Veneziana elettrochimica« iz Venecije koncesiju za proizvodnju kalcijevog karbida na području Dalmacije.

Rimsko društvo osniva novo poduzeće »Sufid« sa sjedištem u Trstu, koje je 1904. na Skradinskom buku izgradilo novu i veću hidroelektranu Jaruga II sa snagom od 6000 kVA, a u predgrađu Šibenika, u Crnici, podiglo tvornicu karbida sa 12 montiranih elektropeći.

Tako je HE Jaruga II snabdijevala tvornicu karbida, a HE Jaruga I grad Šibenik. Godine 1912. Šu-

Iskop temelja



puk napušta svoju malu elektranu Jaruga I i cijeli koncesionirani protok prepušta »Sufidu«, koji mu zato garantira dobavu 1 milijuna kWh godišnje besplatno za potrebe grada.

Za povećanje svoje proizvodnje u Crnici »Sufid« je 1906. izgradio novu hidroelektranu na Krki s naponom od 24.000 kVA, te dvostruki dalekovod od 30.000 V, duljine oko 38 km. To omogućuje tvornici karbida da povisi svoj kapacitet na 36 jednofaznih karbidnih peći s ukupnom snagom od oko 18.000 kVA. Krajem 1908. tvornica je počela proizvoditi i umjetno dušično gnojivo (kalcijev cijanamid).

Godine 1930. tvornica u Crnici bitno se rekonstruira: određeni broj tadanjih karbidnih peći postepeno se zamjenjuje novim pećima i to za proizvodnju ferolegura (feromangan, ferosilicij, silikomangan, silikokalcij i druge specijalne legure). Od momenta povezivanja dvaju objekata, HE Manojlovac i tvornice u Crnici, do 1946. ta je industrija jedini potrošač HE Manojlovac.

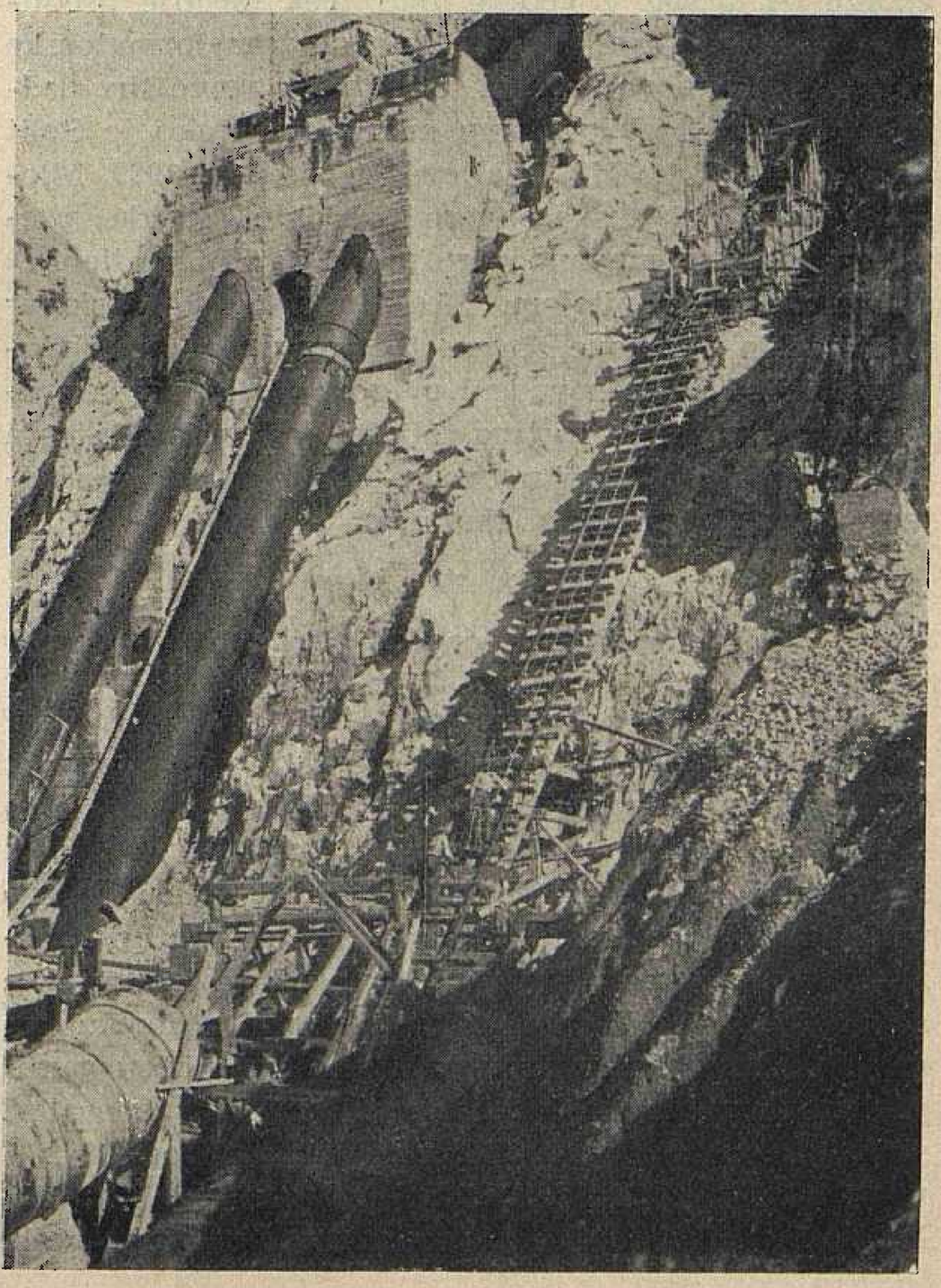
Izgradnja HE Kraljevac

Prvu koncesiju za iskorištenje voda rijeke Cetine dobivaju 1904. bečki industrijalci, koji 1908. prodaju svoju koncesiju društvu »Sufid«. S izgradnjom elektrane, HE Kraljevac, počinje se još iste godine, a postrojenje se stavlja u pogon u ožujku godine 1912. s dva agregata po 16.000 kVA.

Istovremeno »Sufid« podiže i nove tvorničke objekte za proizvodnju karbida i cijanamida u Dugom Ratu kod Omiša povezujući elektranu i tvornicu dvostrukim dalekovodom. Tvornica u Dugom Ratu proradila je u svibnju 1912. neposredno nakon puštanja HE Kraljevac u pogon. U tvornici bilo je godine 1917. montirano 6 jednofaznih peći s ukupnim učinom od 14.400 kVA.

Godine 1918. rekonstruirana je tvornica u Dugom Ratu, te su tom prilikom montirane dvije trofazne elektropeći, svaka snage 5000 kVA, a istovremeno su 4 jednofazne peći demontirane. Godine 1936. izvršena je daljnja rekonstrukcija. Tom prigodom potpuno su uklonjene jednofazne elektropeći i montirane 2 nove

Pripremni radovi za izgradnju cjevovoda





Radovi na proširenju hidroelektrane

trofazne elektropeći, svaka sa snagom od 7000 kVA. Tako je instalirana snaga dosegla ukupno 24.000 kVA, te se do kraja 1961. nije bitno mijenjala. Električna energija, nakon transformacije u elektrani s generatorskog napona od 4000 V na 56.000 V, prenosila se dalekovodom neposredno do Tvornice karbida u Dugom Ratu.

Omiš dobiva električnu energiju iz Dugog Rata vodom od 15.000 V godine 1924. Tek kasnije produžen je dalekovod od Dugog Rata do transformatorske stanice u Dujmovači, da bi se Split i njegovo šire područje snabdjeli električnom energijom. Tako je Split bio priključen na HE Kraljevac 1. siječnja 1927. Mjeseca travnja 1929. sve obveze i objekte »Sufida« preuzima novo osnovano društvo »La Dalmatienne« s francuskim kapitalom. Međutim novi koncesionar nije izvršio nikakove obveze iz svog ugovora s državom. Bili su stoga povedeni pregovori, da država preuzme sve objekte društva, ali uslijed izbijanja rata nije došlo do potpisa ugovora. Danas sva ta postrojenja čine općenarodnu imovinu.

Elektrifikacija gradova do 1920.

Već je ranije bilo izneseno, da je Šibenik prvi grad u Dalmaciji koji je dobio električnu energiju iz hidroelektrane Jaruga I. Prvi grad, koji je uopće dobio električnu energiju u Dalmaciji, bio je Zadar i to iz svoje termoelektrane (31. XII 1894.). U Zadru u prvo vrijeme rada elektrane pogonski strojevi su bile parne mašine s generatorom za proizvodnju istosmjerne struje 2 × 150 V. Napretkom tehnike postepeno se rekonstruira i elektrana; parni strojevi bili su zamijenjeni dizelskim motorima, a istosmjerni generatori trofaznim generatorima. Snaga elektrane od 36 kW postepeno je rasla do 2000 KS, odnosno do 1500 kW. Nosilac koncesije bila je gradska općina. Dubrovnik je treći grad u Dalmaciji koji je dobio električnu energiju. Elektrana s pogonom na parni stroj počela je raditi godine 1900. Nosilac koncesije bila je bečka firma »Elin«, koja je postepeno zamjenjivala parne strojeve dizelskim motorima. Godine 1927. Gradska je općina otkupila koncesiju i postrojenja firme »Elin«, te istovremeno zamijenila i posljednji parni stroj. Snaga elektrane do prvog svjetskog rata iznosila je oko 1400 kW. Godine 1910. Općina uvodi tramvajsku prugu, te ima do sada jedini elektrificirani gradski saobraćaj u Dalmaciji.

Izgradnja malih industrijskih elektrana

Na teritoriju Dalmacije do Oslobođenja sagrađene su slijedeće industrijske elektrane: HE Roški slap, HE Vrilo—Majdan, TE Majdan, TE Partizan i TE Lozovac.

HE Roški slap izgrađena je 1909/1910. na Krki uzvodno od HE Jaruga za pokriće potreba ugljenokopnoga bazena Drniš—Siverić. Instalirana snaga elektrane s dva agregata iznosi ukupno 1200 kVA. Nosilac koncesije za elektranu i rudnike ugljena bilo je anonimno društvo »Monte Promina« (talijanski kapital).

HE Vrilo—Majdan izgrađena je na izvoru Jadra kod Solina godine 1908. Ta elektrana iskorišćuje prirodni pad od 14 metara u dva agregata po 600 kVA. Nizvodno je izgrađena još jedna mala elektrana, koja iskorišćuje pad od 3,9 metara. Instalirane snage obiju elektrana iznose ukupno 1340 kVA. Elektrane služe prvenstveno za pokriće potreba vlastitih pogona tvornice. HE Vrilo—Majdan, iako male snage, izvršila je važnu ulogu u početnoj fazi elektrifikacije Splita.

TE Majdan izgrađena je 1928. Elektrana iskorišćuje izlazne plinove iz rotacionih peći za proizvodnju klinkera. Snaga joj je 2000 kVA.

TE Partizan na parni pogon izgrađena je 1913., da bi se pokrile potrebe vlastitih pogona tvornice cementa u Sućurcu. Prvobitna je snaga elektrane bila 1500 kVA; naknadno je (godine 1936.) povećana na 3000 kVA.

TE Lozovac izgrađena je 1938. u sklopu tvornice aluminija u Lozovcu radi dopune ljetnih manjkova električne energije u HE Jaruga. Instalirana snaga iznosi 3500 kVA.

Time je iscrpljen prikaz svih većih izvora električne energije u Dalmaciji, koji su sagrađeni do početka drugog svjetskog rata, i iznesen ukratko razvoj elektrifikacije onih područja i industrija, koje su posredno povezane uz spomenute energetske izvore.

Ne ulazeći u historijat izgradnje malih elektrana kao ni u opis njihovih kapaciteta spomenut ćemo kao primjer neka mjesta, koja su imala svoje elektrane: Sinj, Knin, Makarska, Metković, Supetar, Milna, Selca, Vis, Komiža, Starigrad, Hvar, Korčula, Cavtat, Gruda itd. Te su elektrane bile manje snage (do 100 kW) na pogon dizelskim motorima. Sve su opskrbljivale vlastito mjesto, osim one u Milni, koja je oko sebe okupila gotovo polovinu naselja na otoku Braču, koja su međusobno bila spojena vodovima od 15.000 V.

Elektrifikacija Splita i područja koje prema njemu gravitira

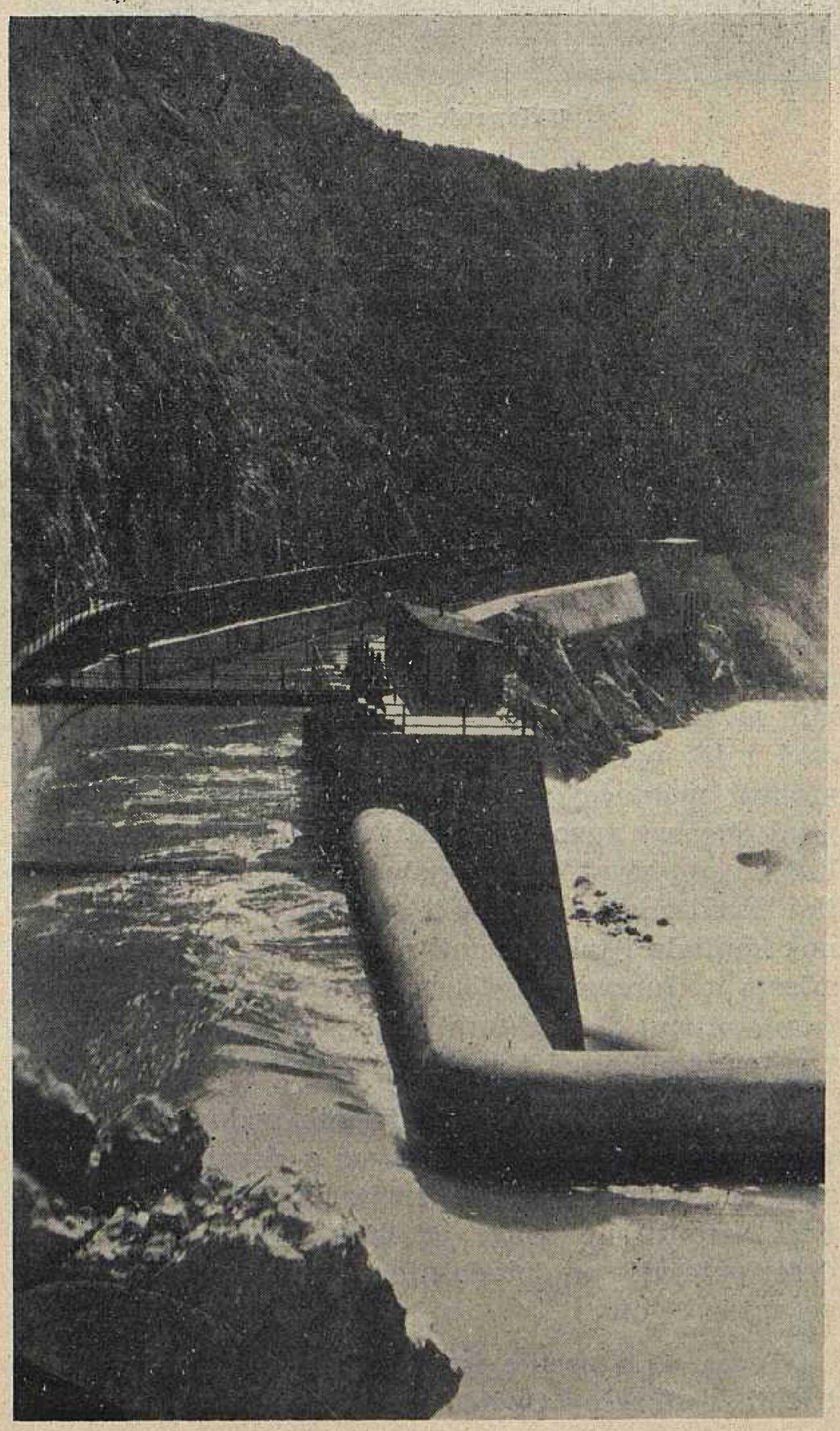
Tipičan i interesantan primjer šire elektrifikacije u Dalmaciji u predratnom periodu predstavlja elektrifikacija grada Splita i okolice, koja ekonomski i politički gravitira prema njemu. Da bismo mogli danas pravilno shvatiti prvu etapu elektrifikacije splitskog područja i značenje organizacije elektroprivrede u odnosu prema općoj privredi Splita i njegova šireg područja, moramo se vratiti natrag za više od tri decenija. U to doba Split ima jedva 20.000 stanovnika, bez željezničke veze sa zaleđem, spojen samo vrlo lošim i zapuštenim cestama prema unutrašnjosti. Uprava Općine odlučila je godine 1919. da grad Split treba dobiti električnu rasvjetu, u prvome redu javnu, a u granicama mogućnosti i za privatne potrebe. Počelo se djelovati i to u dva pravca. Prvo, gradska Općina upotrebila je svoje pravo na padove rijeke Jadra, koje je sebi svojevremeno bila rezervirala ugovorom, kad je dala koncesiju za izgradnju hidroelektrane Vrilo—Majdan kod Solina. Rezervirana snaga iznosila je 100 KS odnosno 75 kW. Drugo, Općina je sklopila ugovor sa češkim društvom »Společnost pro elektràrenské podnikaní« u Pragu za kreditiranu nabavku električnog materijala i opreme, te montažu postrojenja u vrijednosti od 4 milijuna kruna. Uređaj za prijenos električne energije od Majdana do grada (dalekovodom od 10.000 V) podignut je na drvenim stupovima do prve transformatorske stanice u gradu na Manuškoj poljani; od te tačke vođena je električna energija podzemnim kabelom do zgrade kazališta na jednoj strani i do Hrvojeve kule na drugoj strani. Elektrifikacija je dakle u početku obuhvatala tek najuži centar grada.

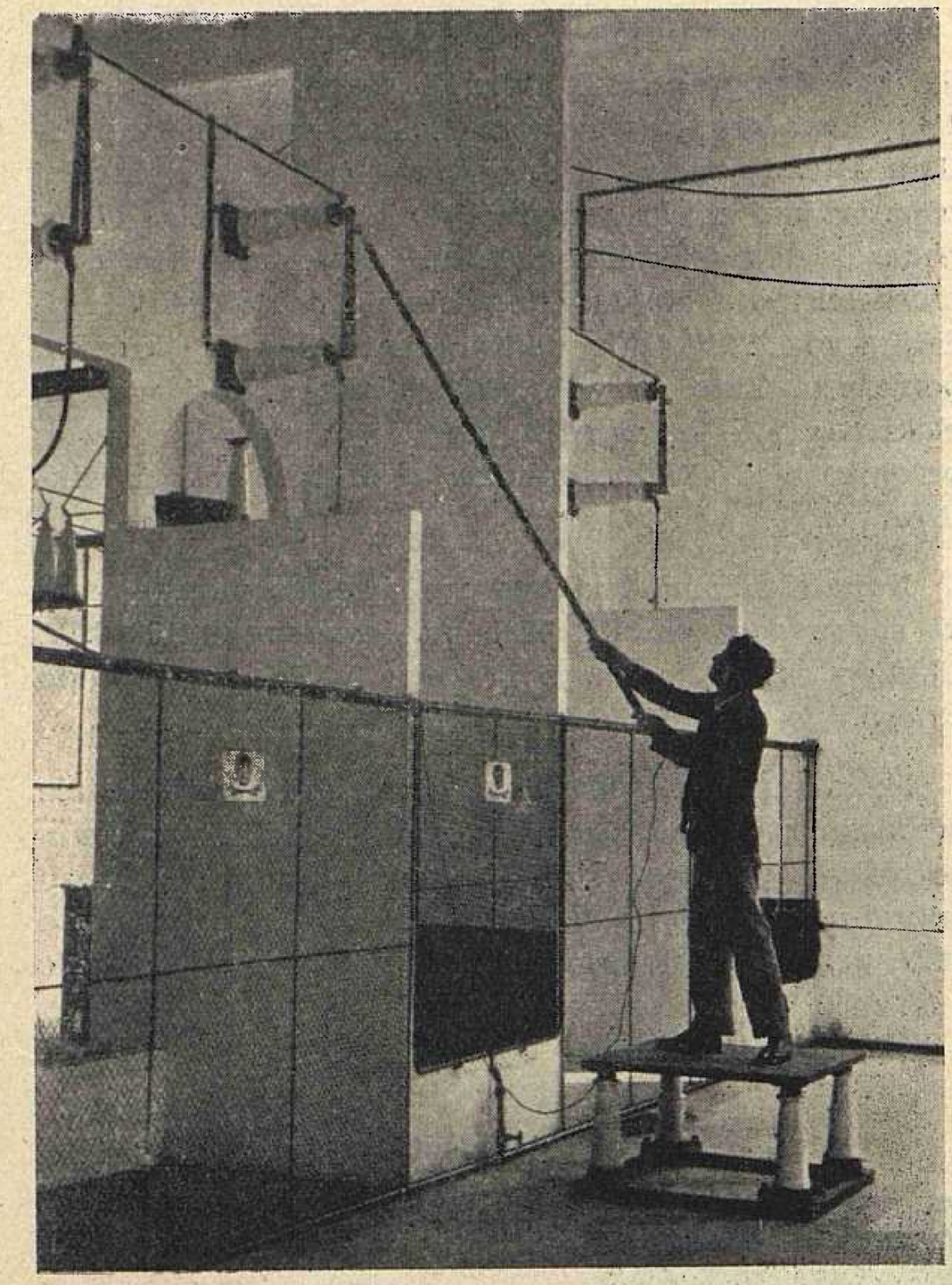
Dne 15. VII 1920. bio je značajan dan u historiji Splita, a posebno u historiji elektrifikacije grada. Toga dana grad je prvi put obasjan električnim svjetlom. Bilo je odmah traženo, da se izgradi i električni tramvaj oko grada i produži do Kaštela. Ali se ubrzo pokazalo, da je količina električne energije, koju je hidroelektrana Majdan stavljala na raspoloženje Općini grada Split, bila nedovoljna, čak i za skromnu potražnju. Zato se već 1921. počela graditi vlastita elektrana i to na mjestu, gdje se danas nalazi nova peterokatnica »Elektrodalmacije« na Radničkom šetalištu.

Nova elektrana imala je dva dizelska motora, svaki sa snagom od 100 KS, odnosno svega 150 kW. Ukupna snaga kojom je gradska Općina raspolagala iznosila je tako 225 kW.

Potražnja za električnom energijom postajala je međutim sve veća, pa su uvedena razna ograničenja potroška. Zabranjeno je bilo upotrebljavati električnu energiju za grijanje u domaćinstvima, a od početka 1924. prijave za nove priključke konzumenata se više

Dio brane i dovodni kanal





Uklapanje rastavljača

nisu primale. Osim toga je cijena struje za ono doba bila prilično visoka (16 Din/kWh), te je i ona bila jaka kočnica u potrošku električne energije.

Uza sve mjere ograničenja i osiguranja situacija je u gradu postajala sve teža, pa je bilo jasno, da se tako dalje ne može. Tražilo se radikalno rješenje: trebalo je nabaviti električnu energiju iz hidroelektrane Kraljevac.

Na izvanrednoj sjednici Općinskog vijeća 15. travnja 1924. postavljeni su temelji kasnijem ugovoru i osnivanju »Električnih poduzeća d. s o. j.«. U ugovoru bili su Električnim poduzećima izričito označeni zadaci i to: nabaviti električnu energiju i uspostaviti gradski saobraćaj na električni pogon (tramvaj). Kapital društva imao je iznositi 20 milijuna dinara, toliko su prema projektu imale da iznose investicije. U tim investicijama Općina će sudjelovati sa 61 % ukupnog kapitala i tako postati najjači dioničar i sa četiri mjesta u Upravnom odboru poduzeća (od ukupno sedam) automatski osigurati sebi mjesto predsjednika Upravnog odbora i time inicijativu u upravi.

Još prije osnivanja »Električnih poduzeća« Općina grada Splita sklopila je ugovor s društvom »Sufid« radi dobave električne energije iz HE Kraljevac na bazi garantirane snage od 4000 kW. To je upravo deset puta više od dotadašnje ukupno raspoložive snage grada Splita.

Neposredno poslije formalnog registriranja »Električnih poduzeća« Općina im ustupa svoju koncesiju za rad oko elektrifikacije tadašnjega splitskog kotara te pravo eksploatacije na tome području; istovremeno Općina ustupa i sva prava i obaveze, koje proistječu iz spomenutog ugovora s društvom »Sufid«. Tehnički kadar Električnih poduzeća, na čelu s ing. Jerkom J e r i ć e m, svojski se prihvaća posla: podiže se velika razdjelna i transformatorska stanica u Dujmovači, kapaciteta 5500 kVA, s ugrađenim transformatorima snage 2 × 2750 kVA, 50/10 kV; izgrađuje se dalekovod od 50.000 V za prijenos električne energije od Dugog Rata do Dujmovače, na željeznim rešetkastim stupovima, dug 17 km. Izgrađuje se dvostruki zračni vod od 10.000 V Dujmovača—Split na željeznim stupovima do Plokita, na periferiji grada; polažu se podzemni kabeli da bi se Plokite spojile s brojnim novim transformatorskim stanicama u gradu. Tako je Split dobio električnu energiju iz HE Kraljevac. Time se završava pionirska etapa elektrifikacije, opseg koje nije mnogo prelazio zidine srednjovjekovnog Splita. Nakon toga se sklapaju ugovori s tvornicama cementa na kaštelanskoj rivijeri za isporuku električne energije i do njih se podižu vodovi visokog napona. Produženjem tih vodova priključuju se sva naselja kaštelanske rivijere uz more od Splita do Trogira, te se opskrbilo područje splitskog kotara od Žrnovnice, Stobreča i sela poljičke rivijere, od Dugog Rata do Grljevca.

Radi boljega plasmana električne energije najprije se uvodi (godine 1934) nova privilegirana tarifa za upotrebu električne energije za grijanje u domaćinstvima po 1,50 dinara za kWh (tzv. »industrijska«). U 1937. tarife su za rasvjetu 4,50 dinara za kWh, a za grijanje 0,90 dinara za kWh, uz obavezu da se minimalno mjesečno potroši 30 kWh. Nabavna cijena koju su Električna poduzeća plaćala isporučiocu električne energije, franko Dugi Rat, iznosila je 0,01 do 0,015 zlatnih švicarskih franaka po posebnoj skali. Ta cijena iznosila je u ondašnjoj dinarskoj valuti oko 0,19 Din po kWh.

Sniženje tarife za široku potrošnju, te propaganda za jače iskorištavanje u domaćinstvima doveli su prije rata do takvog razmaha, da je ugovorna kvota od 4000 kW premašivana i ugovorni dobavljač, društvo »La Dalmatienne«, uvelike je prigovarao baš zbog prekoračenja te ugovorne kvote.

Brzo se pokazalo, da su i osnovna postrojenja za transformaciju i distribuciju preslaba da zadovolje nagao porast konzuma. Stoga se pristupilo novim krupnim investicijama. Među ostalim u godini 1934/35. instalirana snaga u čvornoj stanici u Dujmovači pojačana je na dvostruko montažom novog transformatora od 5000 kVA, a za prijenos energije u grad položen je novi podzemni kabel dug 5 km, duž Solinske ceste do Hrvojeve kule na Obali. Izgrađene su nadalje mnoge stanice u gradu te izvršena obimna rekonstrukcija mreže niskoga napona. Investicije u nova postrojenja i poduzete mjere u pogledu kućnih instalacija omogućile su, da Split sa svojim teritorijem u poslijeratnom periodu s obzirom na količine godišnjeg konzuma po domaćinstvu (uvjetovanog nestašicom drva i ugljena i općom relativno niskom tarifom) uđe u red naprednih područja.

Druga područja Dalmacije, koja nisu bila povezana s hidroenergetskim izvorom, nisu mogla ići ukorak s napretkom tehnike, te u potrošnji nisu imala toliko uspjeha.

Drugi svjetski rat, obnova i planska izgradnja

Drugi svjetski rat donio je okupaciju i njene posljedice: neprijateljsko uništavanje, razaranje i pljačku teško stečenih dobara. Oslobođenjem Splita i drugih krajeva Dalmacije započela je opća obnova uništenih i oštećenih objekata. U prvom redu to se odnosilo na obnovu elektroprivrednih postrojenja. Dok su 1944. i 1945. bile godine improvizacije u 1946. već se radilo mnogo smišljenije, iako to još nije bio planski rad; planski se počelo raditi tek u 1947. godini.

Nakon oslobođenja HE Kraljevac bila je u derutnom stanju; od četiri agregata nijedan nije bio sposoban za rad. Na željeznim stupovima dvostrukog dalekovoda, koji je povezivao elektranu s Dugim Ratom, Omišem i Splitom, nalazili su se samo polupani izolatori bez ijednog metra bakrene žice. Razdjelna transformatorska stanica u Dujmovači bila je gotovo potpuno uništena, a transformatori izgorjeli. Krajem 1944. u HE Kraljevac obnovljen je prvi agregat, dok je dalekovod Kraljevac—Dugirat—Dujmovača popravljen s komadima bakrenih i aluminijskih žica. U razdjelnoj stanici u Dujmovači popravljen je jedan transformator i prespojen na odgovarajući napon, tako da je već 23. XII 1944, dakle samo dva mjeseca poslije Oslobođenja, Split opet dobio električnu energiju iz HE Kraljevac.

U godini 1945. nastavljeno je obnovom HE Kraljevac, a razni profili žica na dalekovodima postepeno su zamjenjivani jakim bakrenim užetima. Ali još uvijek, drugi, paralelni vod iz elektrane do Dugog Rata nije se mogao uspostaviti; trebalo je bakra, a novih izolatora za zamjenu također nije bilo; zato se u Tvornici karbida u Dugom Ratu nisu mogle pokrenuti velike potrošne jedinice.

Tek 1946. izvedeni su veliki radovi: u HE Kraljevac obnovljena su vlastitim snagama sva četiri agregata s ukupnom snagom od gotovo 100.000 KS. Uspostavljen je i drugi, paralelni vod od elektrane do Dugog Rata, i to je omogućilo, da Tvornica karbida i cijanamida proradi punim kapacitetom.

I u tim radovima došao je do izražaja sav elan i požrtvovnost radnih ekipa, te su premašene sve norme predviđene za takovu vrst radova. Sličan elan ispoljio se i kod svih drugih poduzeća i postrojenja u Dalmaciji, te se pravom to pregalaštvo može ocijeniti kao nastavak borbe za oslobođenje u mirnodopskom smislu riječi, konkretno: borbom za bolji život.

Prije rata pojedine su elektrane samostalno opskrbljivale svoje ograničeno područje. Poslije rata planski su svi veliki izvori električne energije i svi veliki konzumenti i proizvođači u Dalmaciji povezani u cjelinu, u tzv. »Elektroenergetski sistem Dalmacije«, a u zadnje vrijeme u jedinstveni energetski sistem Jugoslavije. Upravo povezivanje pojedinih elektrana stvorilo je mogućnosti, da se proizvodni kapaciteti hidroelektrana u Dalmaciji znatno bolje koriste. Bit će interesantno ovom prilikom istaknuti, da je baš hidroelektrani Kraljevac time omogućena znatno veća proizvodnja, kako to vrlo zorno prikazuje ova tablica:

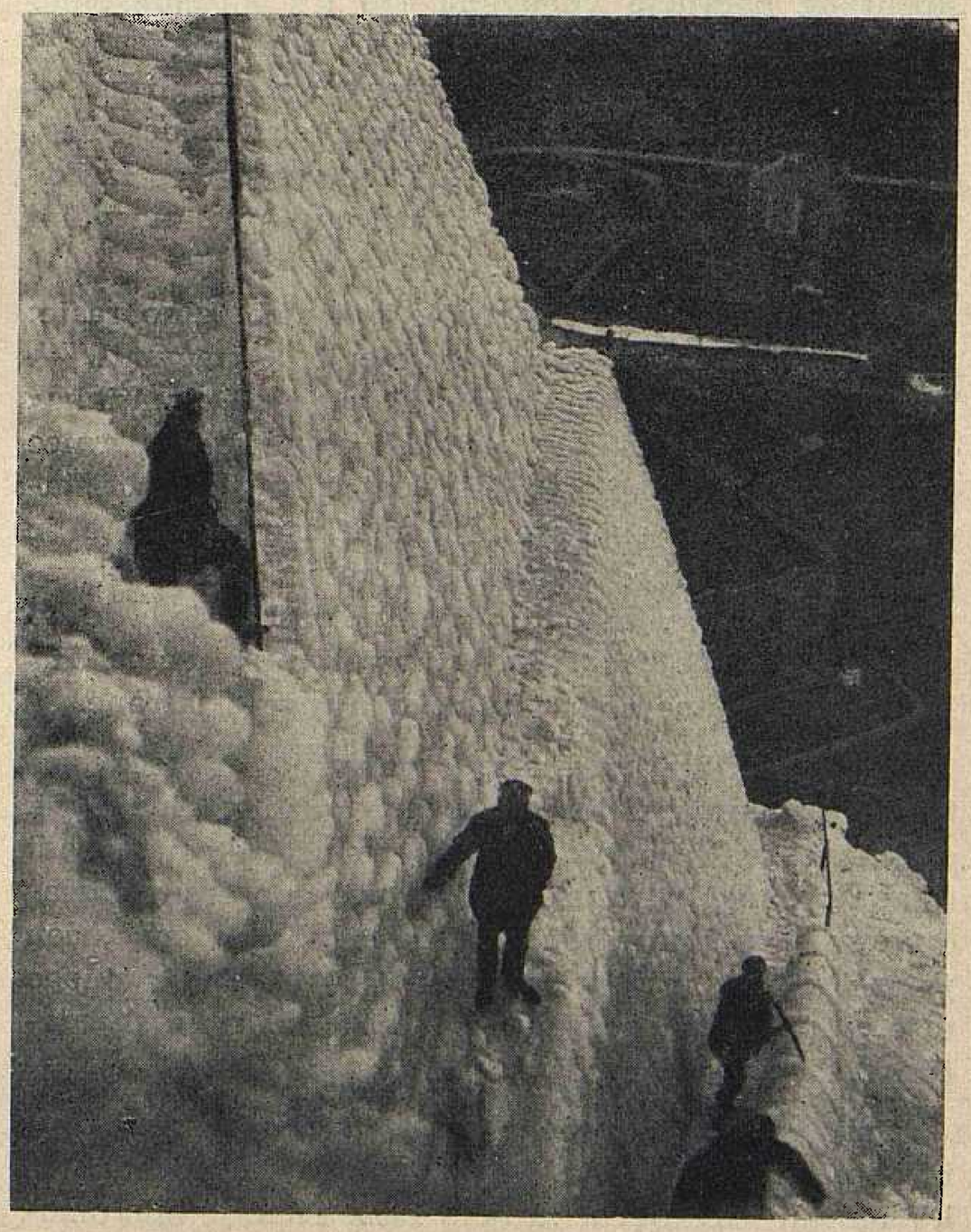
Pregled proizvodnje HE Kraljevac od 1931. do 1960.

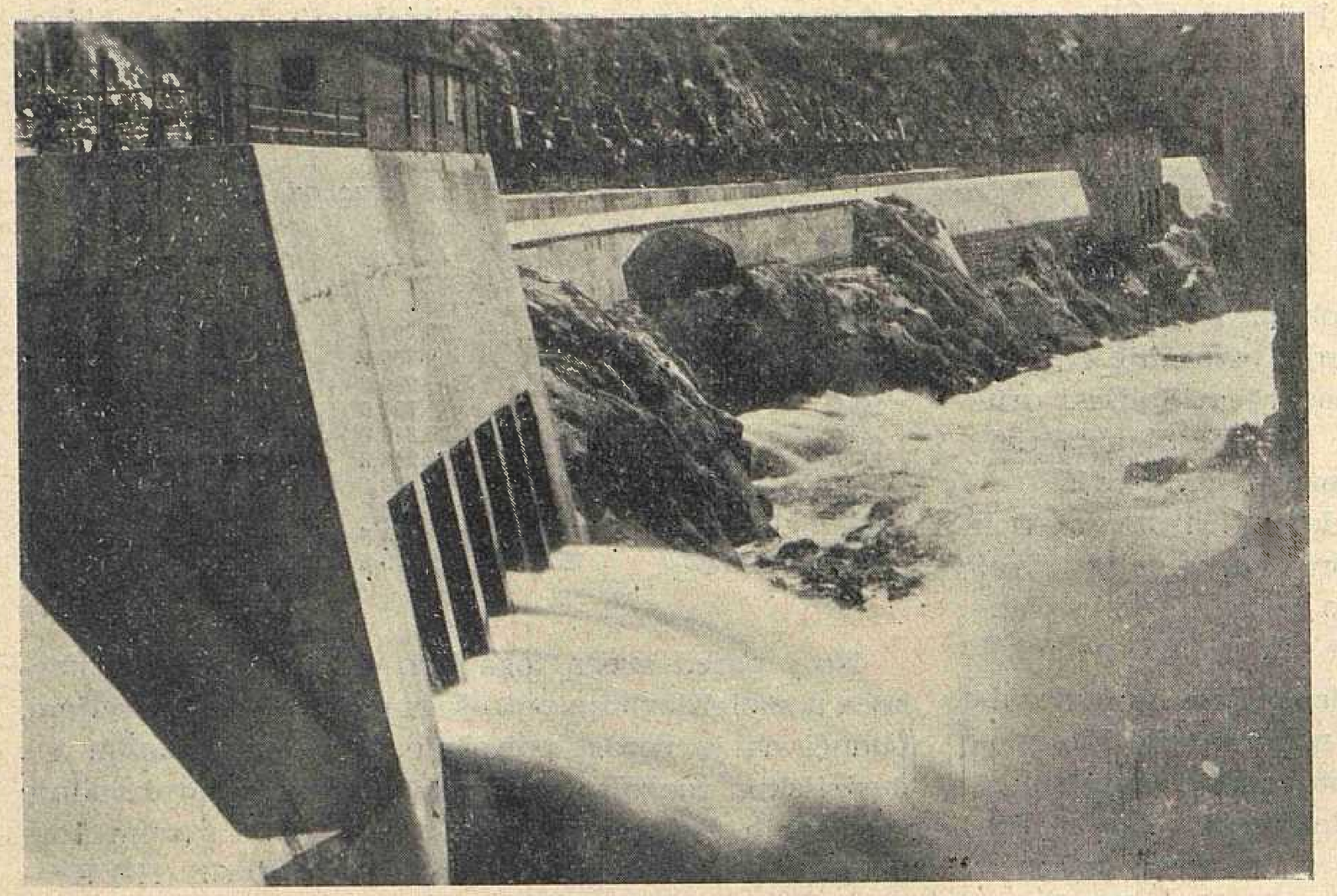
Godina	MWh	Godina	MWh	Godina	MWh
1931.	67.324,4	1941.	79.790,8	1951.	246.271,5
1932.	87.709,7	1942.	99.308,2	1952.	264.362,2
1933.	89.639,7	1943.	200,3	1953.	268.923,8
1934.	120.642,9	1944.	354,6	1954.	249.398,0
1935.	99.627,9	1945.	25.249,8	1955.	296.597,0
1936.	130.585,6	1946.	70.248,8	1956.	297.793,0
1937.	159.584,3	1947.	93.029,8	1957.	334.302,8
1938.	157.098,2	1948.	182.273,7	1958.	325.802,8
1939.	165.571,2	1949.	199.163,5	1959.	422.239,5
1940.	137.227,0	1950.	212.379,5	1960.	471.559,6

No i pored svega toga bilo je povremenih poteškoća u snabdijevanju potrošača električnom energijom, budući da je porast potrošnje, uvjetovan naglim industrijskim razvojem, bio veći od porasta proizvodnje izgrađenih elektrana. Radi toga je i bilo sasvim normalno, da se pristupilo rekonstrukciji starih (HE Kraljevac i Manojlovac) i izgradnji novih elektrana (Jugovinil, Peruća, Split), te podizanju vodova najvišeg napona.

Razmatrajući proizvodnju HE Kraljevac od 1931. do 1939. godine ona je u stalnom porastu s izvjesnim varijacijama u pojedinim godinama. Te su varijacije uzrokovane dužim odnosno kraćim iskorištavanjem elektropeći u tvornici karbida u Dugom Ratu, a to je u velikoj mjeri ovisilo o trajanju niskih vodostaja na Cetini. U godinama 1940. do 1944. jasno se ističu

Borba s ledom





Ispust vode

posljedice rata i neprijateljske okupacije: povremeni kvarovi u elektrani u 1941. završili su početkom 1943. potpunim zastojem i djelomičnim rušenjem dalekovoda Kraljevac—Dugi Rat—Dujmovača. Takvo je stanje trajalo do oslobođenja Splita u listopadu 1944., kad je počeo rad na obnovi. Period od 1945. do 1947. godine je doba obnove oštećenih elektroprivrednih postrojenja; to se vidi iz postepenog porasta proizvodnje električne energije.

Godina 1948. pokazuje nagli skok proizvodnje HE Kraljevac. Tome je razlog povezivanje splitskog i šibenskog područja vodovima 110 kV u jedinstveni sistem. Tim povezivanjem HE Kraljevac dobiva prošireno konzumno područje, a time su se mogli racionalnije iskorištavati zimski viškovi električne energije. Te godine (1948) HE Kraljevac svojom proizvodnjom već premašuje najviši predratni nivo u godini 1939.

U periodu od 1948. do 1954. konzum stalno raste: puštena su u pogon nova postrojenja (»Jugovinil« — Kaštel-Sućurac; TLM »Boris Kidrič«; »Dalmatinka« — Sinj itd.), prošireni su postojeći kapaciteti (tvornice cementa, brodogradilišta itd.), pojačano je iskorištavanje električne energije u domaćinstvima, a to je uvjetovano većim standardom života i preferenciranim tarifama za takovu vrstu potroška. Sve je to uzrokovalo veće iskorištenje instaliranog učina HE Kraljevac, a time i veću proizvodnju te elektrane.

Da bi HE Kraljevac mogla udovoljiti toj većoj potražnji, uprava elektrane započela je godine 1954. smion pothvat: brana je povišena za 80 cm, a radi osiguranja od pojačanog pritiska vode na branu izgrađuju se jaki kontrafori. Povišenjem brane omogućen je veći protok vode kroz dovodni tunel. To je mnogo utjecalo na veću proizvodnju u 1955. i u svim slijedećim godinama.

Daljnji važni događaj, koji je pridonio većoj proizvodnji HE Kraljevac, jest izgradnja dalekovoda 110 kV Mostar—Kraljevac krajem 1954. Time je bilo omogućeno povremeno plasiranje noćnih viškova HE Kraljevac u susjedni elektroenergetski bazen Bosne i Hercegovine. S tim u vezi izgrađena je i nova rasklopna stanica Kraljevac 110 kV u neposrednoj blizini elektrane, a u samoj zgradi izvršen je generalni remont agregata, uvedena je suvremena zaštita, montirana nova komanda itd.

Godine 1957. uprava HE Kraljevac prvi put je od svog postanka obustavila rad elektrane na duže vrijeme radi generalnog čišćenja i popravka dovodnog tunela. Taj rad, koji je vršen uz iznimno velike teškoće, obavljen je u samih 10 dana, ali je rezultat bio optimalan: tunel, koji je dugogodišnjim talogom bio djelomično zatrpan, tim radom praktički je dobio veći profil; to je omogućilo daljnje povećanje protoka, a time se mogućnost proizvodnje povećala.

U listopadu 1958. puštena je za HE Kraljevac voda iz akumulacije »Peruća« preko temeljnog ispusta, a od godine 1960. (25. IX) kroz turbine elektrane istog imena. Korištenje vode iz akumulacije vrlo je važno i za daljnje djelovanje HE Kraljevac (do puštanja u pogon HE Split), zato što HE Kraljevac više ne ovisi o protočnim vodama, osobito u doba ljetnih sušnih mjeseci, nego je voda iz akumulacije racionalno iskorištena prema ukazanoj potrebi konzuma, tj. prema voznom redu, što ga diktira dispečerska služba.

Interesantno je prikazati i udio u proizvodnji pojedinih hidroelektrana u Dalmaciji. Kao primjer navodimo ostvarenja godine 1960.

Elektrana	Proizvodnja MWh	Udio
HE Kraljevac	471.041,1	69,0 %
HE Manojlovac	130.931,6	19,2 %
HE Peruća	42.487,3	6,3 %
HE Jaruga	37.485,5	5,5 %
Ukupno	681.945,5	100,0 %

Navedene su količine u MWh na pragu elektrane.

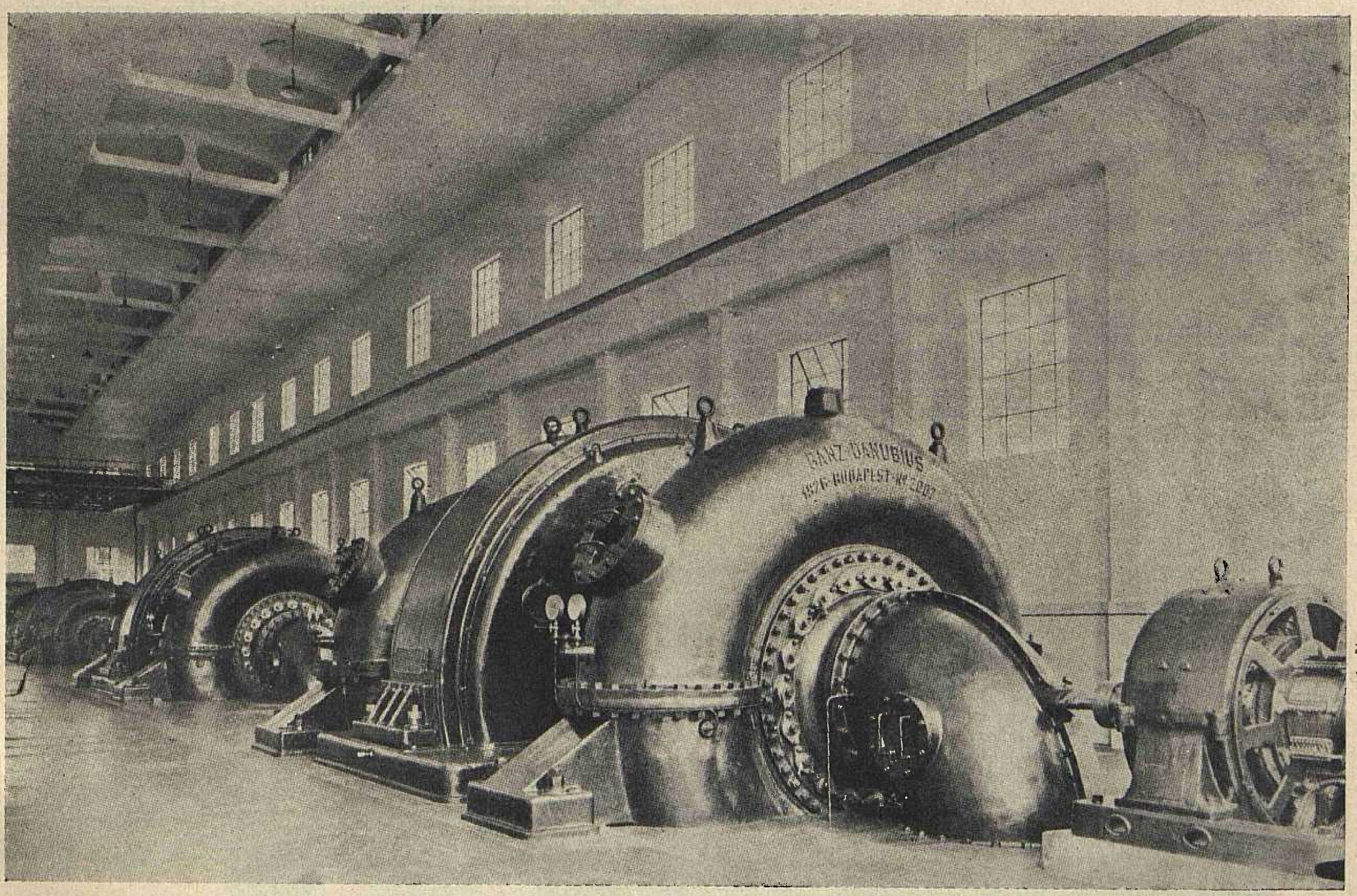
Iz ranije iznesenog pregleda proizvodnje — koji predstavlja historiju HE Kraljevac — vide se veliki i sukcesivno sve veći uspjesi te hidroelektrane u poslijeratnom periodu, a osobito u zadnjem deceniju. Da bi se shvatila obimnost uspjeha HE Kraljevac, dovoljno je istaknuti, da je proizvodnja te elektrane ostvarena 1960. u poredbi s onom iz godine 1939. gotovo tri puta veća (zapravo to povećanje iznosi 285 %).

Izgradnjom velikog hidroenergetskog sistema na Cetini (Peruća—Split), te stavljanjem u pogon HE Split počinje nova era u historiji elektrifikacije Dalmacije. Ona od deficitarnog područja postaje suficitarna i izvoznik velikih količina električne energije. U isto vrijeme završava teška, ali vrijedna i značajna historija, kojoj je glavni protagonista bila HE Kraljevac.

Literatura

Arhiv firme Ante Šupuk i sin.
Arhiv HE Kraljevac.
A. Celegin, *Vodne snage i njihovo eksploatiranje.* Članak u knjizi »Dalmacija«, Split 1923.
E. Radetić, *Četrdeset godina elektrifikacije Splita.* Energija, 1960., br. 9—10.
B. Baranović, *Izgradnja hidroelektrane na Trebišnjici.* Energija 1959., br. 1—2.
I. Radica, *Utjecaj cijena na potrošak električne energije,* Bilten Elektrodalmacije, br. 1, Split 1960.
P. Jutronić, *Prikaz elektrifikacije Dalmacije i energetska situacija.* Zbornik DIT-a, Split 1958.

Naslov pisca: Ing. Petar Jutronić, Split, Drvarska ul. 1



Strojarnica nakon proširenja

SJEĆANJA POVODOM JUBILEJA HIDROELEKTRANE KRALJEVAC

Anđelko M a r u š i ć, Zagreb

Rodom iz neposredne blizine objekta hidroelektrane Kraljevac autor je zabilježio svoja zapamćenja iz najbliž'h izvora o gradnji elektrane, o pohrani pojedinih dijelova postrojenja za vrijeme NOB-e u čemu je i sam sudjelovao, te o pojedinim zgodama tokom njezina razvoja.

DK 621.311.21

O historijatu gradnje, o postrojenjima i njihovim snagama reći će svoju riječ naši priznati stručnjaci i poznavaoci energetskih prilika u svojim prikazima. Ja ću se ograničiti na osobna zapamćenja o onom, što sam čuo ili sam doživio.

O okolnostima pod kojima je došlo do početka izgradnje hidroelektrane Kraljevac pričao mi je pokojni Danijel M a r u š i ć.* Jednoga dana — pričao je on — sastao se u Splitu kod inženjera Ante D e š k o v i ć a »Tonina« s predstavnicima tada moćnog i poznatog talijanskog društva »Sufid«, koje je upravo dovršavalo gradnju hidroelektrane u Manojlovcu na Krki.

U razgovoru o svom zavičaju, Omišu, D. Marušić je istaknuo, kako u njegovoj blizini na rijeci Cetini postoje slapovi, koji po svojoj snazi daleko premašuju one što ih sada koriste u Manojlovcu. To je potvrdio i Tonin Dešković, njegov prijatelj i školski drug, također Omišanin.

— È possibile? Vorrei proprio sapere — začudio se talijanski inženjer. — Baš me zanima.

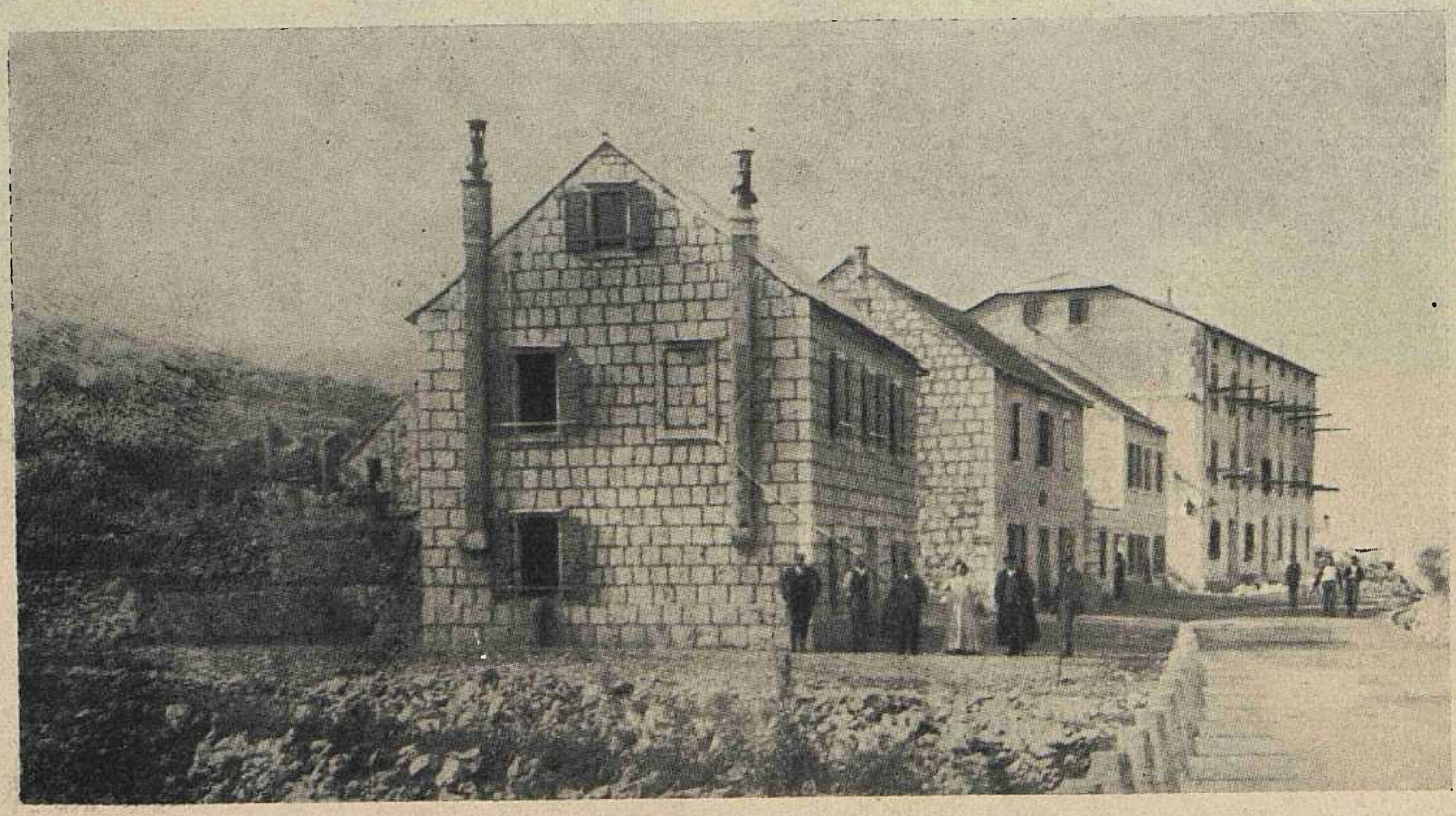
Posljedica je bila, da su nekoliko dana zatim D. Marušić i inženjer Dešković pozvali predstavnike »Sufida« u Omiš, a odanle ih odveli kočijom prema Zadvarju do slapa Gubavice. Ugledavši Gubavicu i ocijenivši joj snagu Talijani su brzo donijeli odluku: društvo je zaključilo da pristupi izgradnji sadašnje hidroelektrane Kraljevac. Nedugo zatim počela je izgradnja centrale.

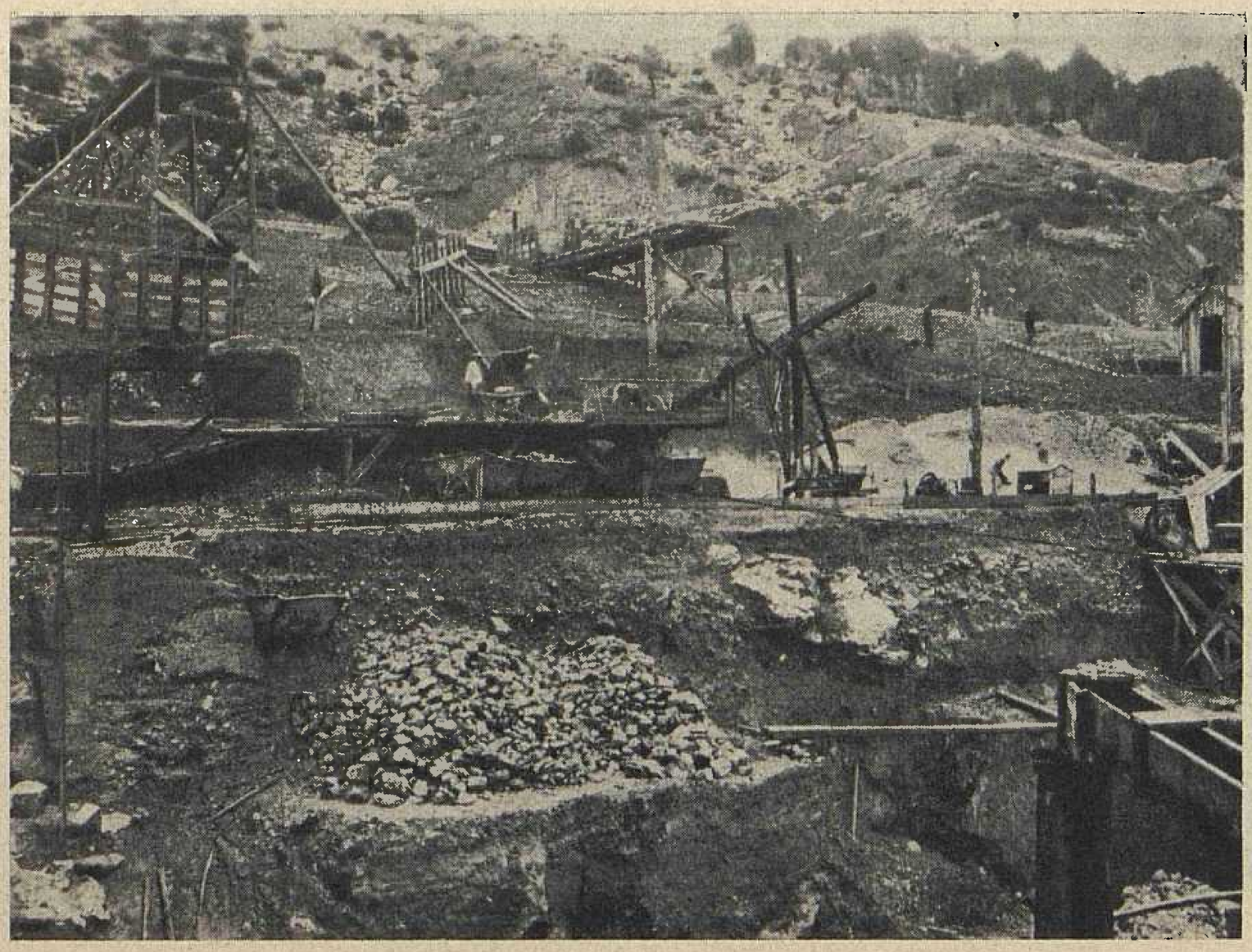
Društvo je nastojalo, da uz što manji ulog izvuče što veću korist, ne vodeći mnogo računa o cjelovitom korištenju vodotoka Cetine, kao ni o ostalim potrebama naroda toga kraja. Jedna od rijetkih privilegija koju je izborila općina Omiš od vlasnika HE Kraljevac bila je besplatno korištenje električne energije u iznosu od 1000 kWh mjesečno. Ta povlastica nije, nažalost, bila dugog vijeka. Prigodom prodaje imovine talijanskog društva »Sufid« francuskom poduzeću »La Dalmatienne« nova je općinska uprava prodala novom vlasniku to svoje pravo.

U vrijeme kada je izgrađena hidroelektrana Kraljevac u Dalmaciji nije bilo gotovo nikakove industrije, pa je pojava tako jakog energetskog izvora utjecala da se u Omišu, a kasnije i u drugim centrima srednje Dalmacije, izgrade tvornice. Iz redova tvorničkih radnika potječu istaknuti rukovodioci, koji su u vremenu između dva rata udarili temelje jakom sindikalnom pokretu. Godine 1941. kada je došlo do

* Daniel M a r u š i ć, (otac autora ovog članka), rodom iz Omiša bio je rudarski poduzetnik, te je početkom ovog stoljeća razvio vrlo široku djelatnost. Nalazišta ugljena, koja je otkrio — među njima npr. rudnik Kakanj — još se i danas bogato iskorištavaju. Slovio je kao vrli rodoljub i uz braću dra Filipa i Josipa bio istaknuti narodnjak. Naročito je volio svoj rodni grad Omiš, te je dugo godina bio općinski »prisjednik«.

Zadvarje, tipično mjesto Omiške krajine



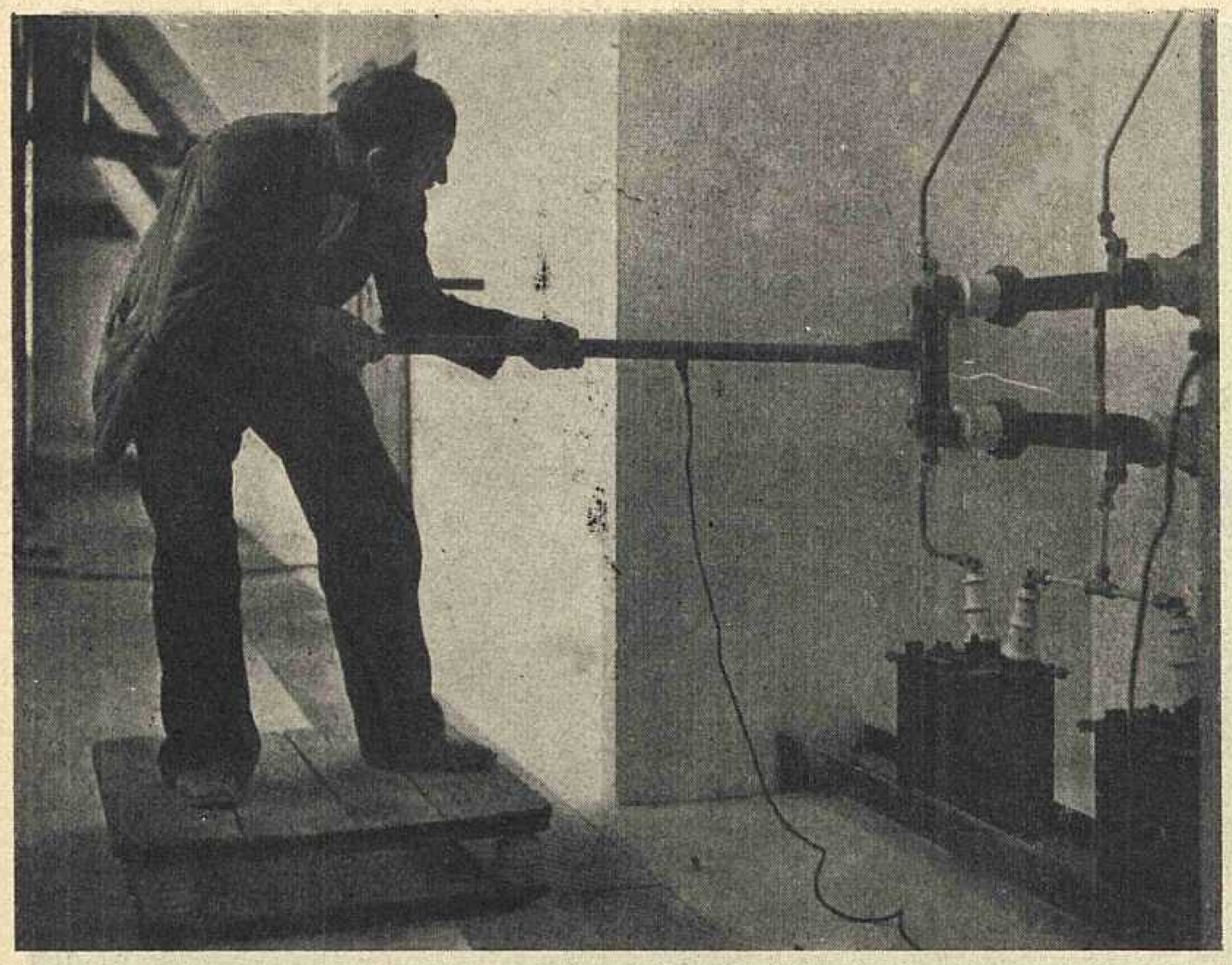


Zemljoradnje za proširenje hidroelektrane

okupacije naše zemlje, u srednjoj Dalmaciji je djelovala jaka organizacija Komunističke partije, koja je imala velik utjecaj na narodne mase. Zahvaljujući toj činjenici narodnooslobodilačka borba je od prvog dana naišla na jednodušnu podršku naroda. Ne smije se zaboraviti, da su u toj fazi borbe posebnu ulogu odigrali industrijski centri u kojima se okupljao dalmatinski proletarijat. A rad industrije bio je usko povezan s postojanjem energetskog izvora, koji sada slavi 50-godišnjicu. U samom Omišu i bližoj okolici postojale su tvornice karbida i cijanamida, cementa,

Cjevovodi su izgrađeni!





Isklapanje rastavljača

tjestenine, biljnih ulja, a prije toga tvornice mreža, kože i konopa, pa je sasvim razumljivo da je naročito u tom kraju radnički pokret bio vrlo jak. Dovoljno je spomenuti, da je u toku narodnooslobodilačke borbe sam Omiš, koji broji 1500 stanovnika, dao 100 palih boraca i dva narodna heroja — Renka Šperca i Ivicu-Ratka Marušića.

Narod Omiške krajine bio je svjestan velike važnosti ove centrale za narodnu privredu, pa ju je — bez obzira na postojanje talijanskih i francuskih društava — uvijek smatrao svojim vlasništvom. To se najbolje očitovalo u teškim danima oslobodilačke borbe, kad su pojedini dijelovi postrojenja centrale demontirani, da ih okupator ne bi koristio u svoje svrhe. Tada sam bio na dužnosti intendanta Mosorskog odreda. U mjesecu septembru 1943. dobio sam zadatak da organiziram i provedem tu akciju. Povezao sam se s inženjerom Aleksom Steinerom i tehničarom Sokl ićem, pa smo tako reći pred nosom okupatora i njegovih pomoćnika demontirali neke važne dijelove postrojenja, prebacili ih u Mosor i spremili na sigurnom mjestu. Na taj način neprijatelj je izgubio svaku mogućnost da aktivira hidroelektranu Kraljevac, koja je za njega bila naročito važna kao najjači izvor električne energije. Tako je čitava dalmatinska industrija ostala paralizirana sve do Oslobođenja.

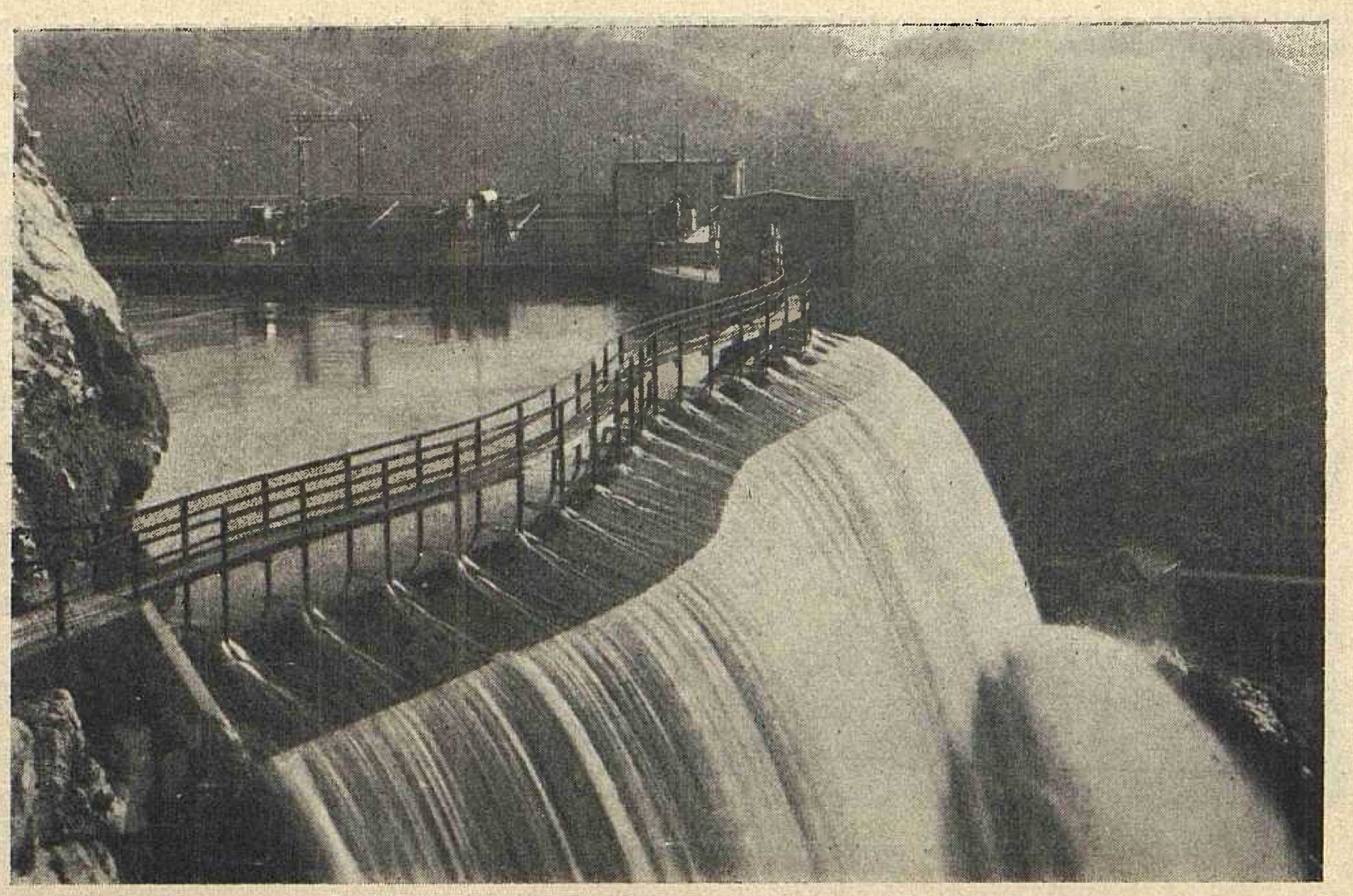
Moram posebno istaknuti, da su za vrijeme šeste neprijateljske ofenzive jedinice Mosorskog odreda s velikim naporima i uz velike žrtve uspjele spriječiti neprijatelja da ostvari svoju odluku o uništenju centrale. Kad su Nijemci bili sve pripremili da miniraju centralu, jedan je borac Mosorskog odreda prekinuo spojeve i na taj način u posljednji trenutak uspio da omete njihov plan. Taj drug je neposredno nakon uspješno izvršenog zadatka junački poginuo.

Nakon oslobođenja Dalmacije Narodna vlast je odmah organizirala osposobljavanje kraljevačke hidroelektrane i dalekovoda preko kojega se napajala čitava srednje-dalmatinska industrija. Ovaj zadatak su u izvanredno kratkom roku i pod vrlo teškim uvjetima izvršili radnici tadašnjeg Električnog poduzeća Split.

Nekoliko godina kasnije ukazala se potreba, da se izvrši rekonstrukcija ove, tada najveće naše elektrane, kako bi se omogućilo, da se njeni kapaciteti što potpunije iskoriste. Izgradnjom rasklopnog postrojenja i vodova visokog napona, koji su povezali ovu elektranu s novim konzumnim područjima, ranije ugrađeni strojevi bili su u stanju da znatno više iskoriste vode Cetine i proizvedu toliko potrebnu električnu energiju za našu industriju i ostale potrošače. Iako se izgradnjom nove elektrane na Cetini, HE Split, značaj i uloga HE Kraljevac bitno mijenja, treba ipak napomenuti, da će ona i u buduće biti jedan od najjeftinijih izvora električne energije u Jugoslaviji i proizvoditi godišnje oko sto milijuna kilovatsati električne energije.

Za zadovoljenje povećanih potreba električne energije toga kraja i cijele naše zemlje sada, uz staru hidroelektranu, koja je u periodu obnove i izgradnje odigrala zaista veliku ulogu, radi i nova elektrana na Cetini, HE Split.

Sretan sam, što sam kao sin toga kraja, u času studijskih i istraživačkih radova u vezi s projektiranjem i izgradnjom HE Split i sam imao prilike — kao komercijalni direktor tadašnje Generalne direkcije elektroprivrede Hrvatske — da pomognem svojom suradnjom na osiguranju sredstava za te radove.



Preljev na vodnoj komori

Izgradnjom HE Split ostvaruju se želje naroda cijele Omiške krajine, koji je u neiskorištenim snagama Cetine uvijek vidio uvjete napretka i razvoja svoga kraja.

I zato smatram da nema činjenice, koja bi mogla ljepše obilježiti jubilej hidroelektrane Kraljevac, nego što će biti puštanje u pogon HE Split.

Veselim se, što mogu tom prilikom čitavom radnom kolektivu hidroelektrane Kraljevac, a i cijelom narodu onoga kraja čestitati ovaj rijedak i značajan jubilej!

Naslov pisca: Anđelko M a r u š i ć, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

NEKOLIKO MANJE POZNATIH PODATAKA O HIDROELEKTRANI KRALJEVAC

Marin Č i z m i ć, Kraljevac

Autor, dugogodišnji direktor hidroelektrane Kraljevac, kronološki je poredao sve događaje tokom 50 godina njezina postojanja. Raspored će poslužiti kao dobar pregled razvoja toga objekta, koji je od neobične važnosti za privredu Dalmacije.

DK 621.311.21

Svaki prikaz iz povijesti elektrane, svaki opis njezinih postrojenja sadrži po koji podatak, koji je ponekad važno znati.

Nerijetko se u takvim slučajevima dešava, da čovjek kada takav podatak ili datum ustreba, mora pregledati sve prikaze ili ih barem pažljivo prelistati, da bi konačno našao ono što mu treba.

Da tome doskočim pokušao sam kronološkim redom srediti pojedine događaje i važnije datume iz života naše hidroelektrane Kraljevac i smatram da će to dobro doći svakome tko se bude bavio njezinim historijatom.

1904.

Prvi radovi oko projektiranja i izgradnje datiraju iz 1904.

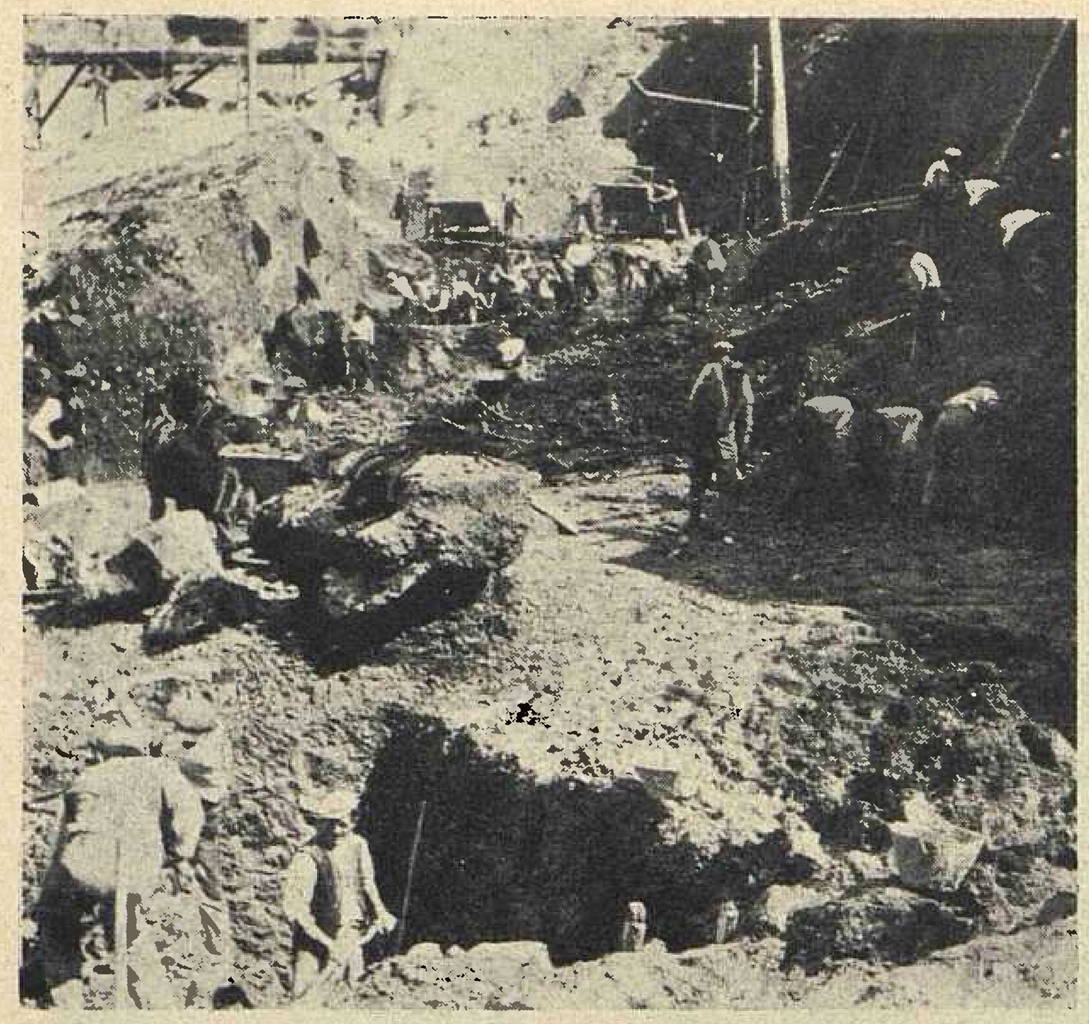
Interesent je austrijsko društvo »Wasserwerke«, koje je otkupilo zemljište na kom se nalazi elektrana.

1907.

»Wasserwerke« prodaju zemljište i elaborate talijanskom društvu »Sufid«. Pod kraj te godine »Sufid« počinje graditi malu hidroelektranu u kanjonu Cetine ispod slapa Male Gubavice u svrhu opskrbe gradilišta električnom energijom.

1908.

Prvih dana te godine počinju radovi na izgradnji današnje hidroelektrane Kraljevac,



Pripremni radovi za proširenje elektrane

1909.

Mala hidroelektrana za opskrbu gradilišta puštena je u pogon. Ona koristi pad od 75 metara, a snaga joj je oko 100 kW.

1912.

U ožujku te godine puštena je u pogon današnja hidroelektrana Kraljevac, koja se tada još zvala hidroelektrana Gubavica.

U prvoj su etapi montirana 2 generatora po 4.000 V, 2.300 A, 50 Hz, 375 o/min i 16.000 kVA.

Svaki generator ima dvije horizontalne turbine sistema Francis, među kojima se nalazi generator. Turbine su dimenzionirane za maksimalnu količinu od 15 m^3/sek tj. na ukupni protok od 30 m^3/sek. Instalirana snaga turbina je dva puta 18.000 KS.

Generatore je izradila firma Ganz Budapest.

Elektrana služi isključivo za potrebe Tvornice karbida i cijanamida u Dugom Ratu, s kojom je povezana dvostrukim dalekovodom od 60 kV.

1924.

Omiš dobiva električnu energiju iz Dugog Rata kao naknadu za prolaz glavnog dalekovoda preko općinskog teritorija.

U elektrani se ispoljuje čitav niz nedostataka: brana, dovodni tunel i vodostan ne mogu postići predviđeni protok vode od 82,8 m^3/sek, nego maksimalno 60 m^3/sek. (Kompenzacioni bazen bio je sagrađen u vrlo malim dimenzijama, zapremine od 4.500 m^3 i površine od 1000 m^2). Agregati pokazuju niz nedostataka: lošu izolaciju između glave namotaja, preveliki zračni raspor generatora, preosjetljive regulatore broja okretaja.

Društvo »Sufid« se sprema da proširi elektranu sa još dva generatora. Nadograđuje strojarnicu i naručuje turbine i generatore. Radovi su već bili počeli, ali ih »Sufid«, zbog povećanog poreza, nenadano obustavlja.

1926.

Glavni dalekovod produžuje se od Dugog Rata do transformatorske stanice u Dujmovači, u svrhu opskrbe grada Splita i njegova šireg područja električnom energijom iz HE Kraljevac.

Do tada su jedini potrošači HE Kraljevac bili: Tvornica karbida u Dugom Ratu i grad Omiš.

1927.

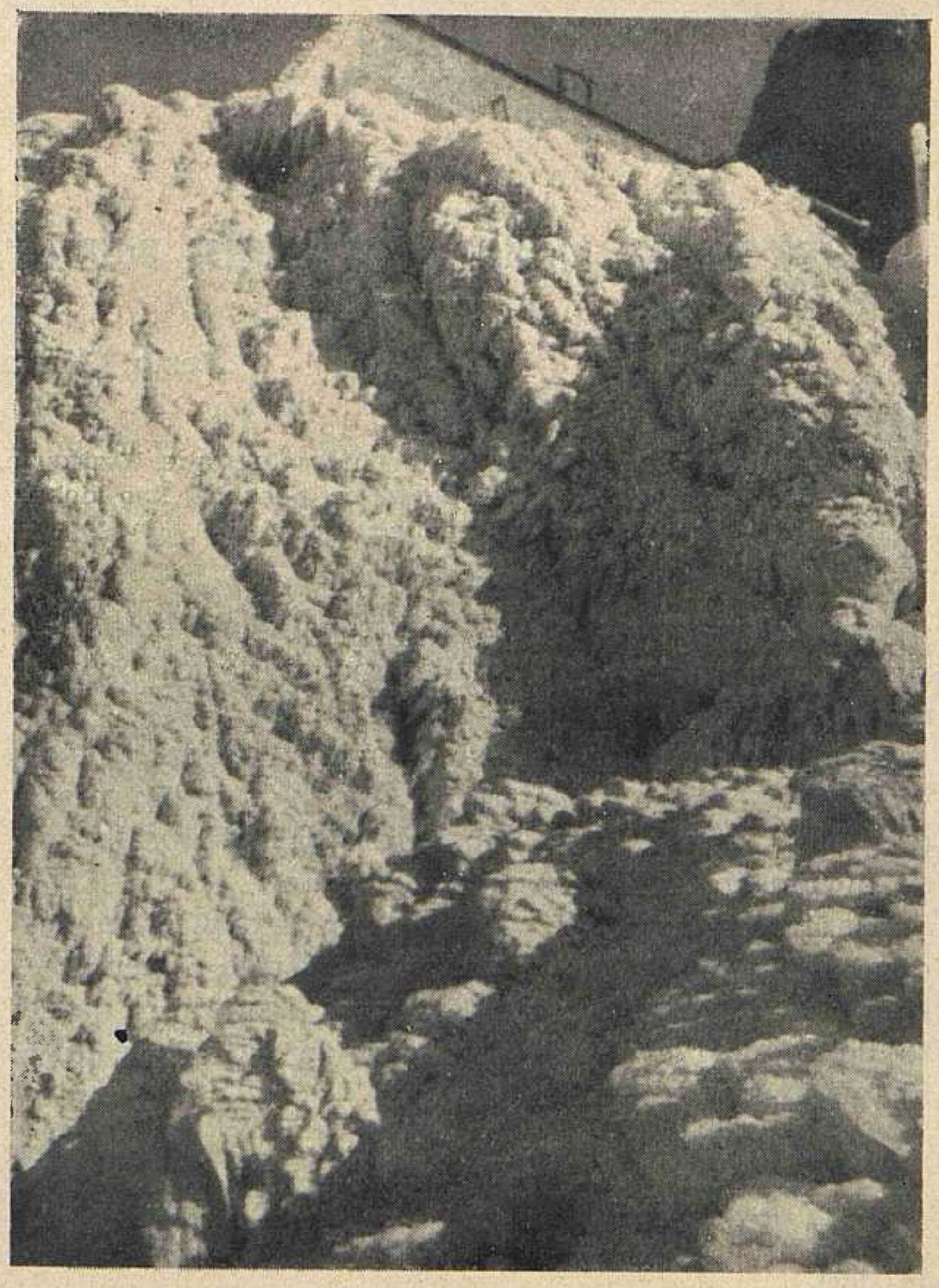
Prvoga siječnja te godine priključen je Split.

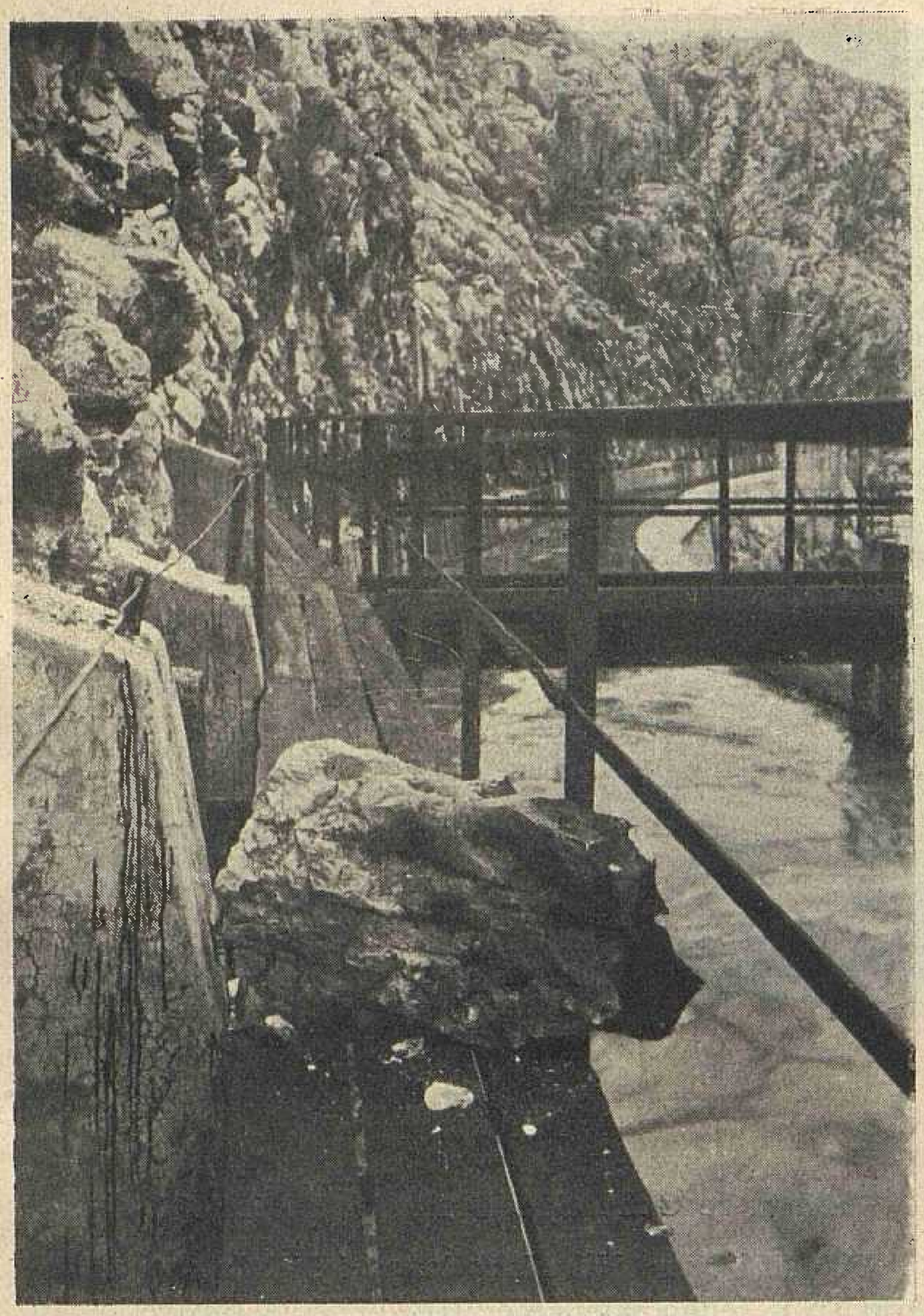
1929.

»Sufid« prodaje svoje industrijske objekte u Dalmaciji »Francuskom društvu tuniskih fosfata, gnojiva i kemijskih proizvoda« u Parizu, te se istovremeno odriče dobivenih koncesija za iskorištavanje vodnih snaga Dalmacije.

Dne 29. travnja te godine Vlada Kraljevine SHS objavljuje zakon, kojim se odobrava u međuvremenu sklopljeni ugovor s novim francuskim društvom hidrotehničkih snaga Dalmacije »SEFFHIED« (Société française des forces hydroélectriques de la Dalmatie) o prijenosu i proširenju koncesija za iskorištavanje

Zaleđeni preljev





U strmom kanjonu katkad se ruši kamenje

vodnih snaga Krke i Cetine, koje su bile dane »Sufidu« i davanju koncesija za isključivo iskorištavanje još neiskorištenih snaga na tim dvjema rijekama kroz 50 godina.

Novoformirano društvo dobiva ime »La Dalmatienne«. Društvo je oslobođeno plaćanja poreza. Ono počinje gradnjom druge etape.

1932.

Dovršena je izgradnja druge etape. Montirana su dva nova agregata svaki od 3800 V, 3960 A, 50 Hz, 375 o/m i snage 26.000 kVA. Time je hidroelektrana kompletirana na 84.000 kVA i smatra se najvećom na Balkanu.

1941.

Kapitulacijom stare Jugoslavije u travnju elektranu preuzimaju talijanske vojne vlasti. Elektrana nastavlja radom, ali ubrzo dolazi do znatnih kvarova na postrojenjima.

Te godine dolazi do proboja generatora od 26.000 kVA, koji je tom prilikom oštećen za 70 %.

1942.

Početkom godine dolazi do proboja i na generatoru od 16.000 kVA, koji je također teško oštećen.

Te godine dolazi po dva puta i do proboja drugih dvaju generatora.

U drugoj polovini te godine pripadnici NOV ruše stupove dalekovoda, čime obustavljaju opskrbu električnom energijom Dugog Rata i Splita, te onemogućuju korištenje električne energije u ratne svrhe.

1943.

U kolovozu mjesecu te godine snage NOV oslobađaju područje na kom se nalazi elektrana i daju joj ime HE TITO. To ime zadržava do konca 1953. kada se ponovno prozva HE Kraljevac. NOV demontira pojedine važnije dijelove postrojenja, odnosi ih, konzervira i pohranjuje na sigurna mjesta. Pod kraj te godine elektranu preuzimaju jedinice njemačke okupacione vojske.

U elektrani ostaje samo nekoliko radnika. Elektrana nije u pogonu, jer nedostaje ljudstva, koje bi uzdržavalo postrojenja.

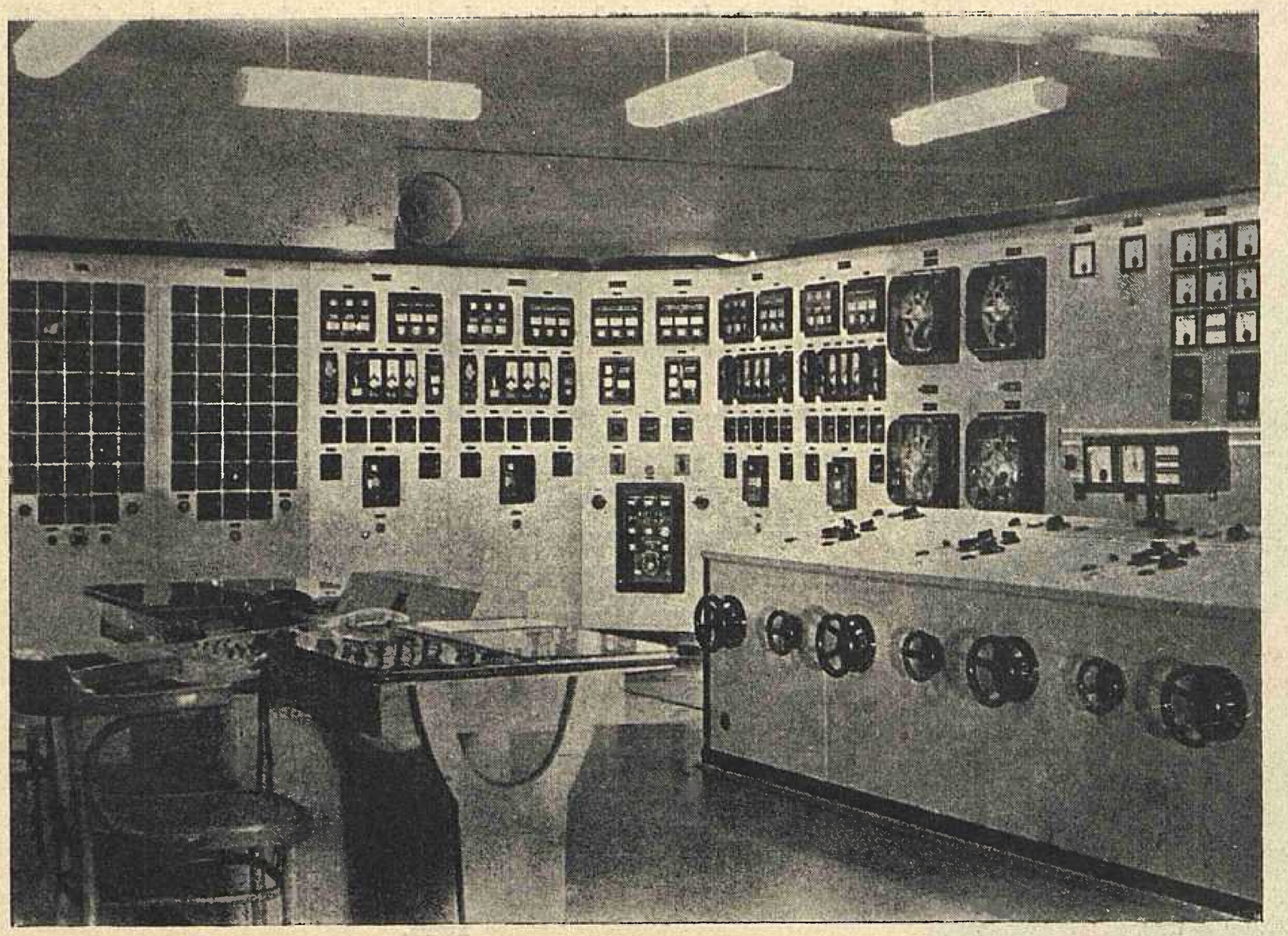
1944.

Početkom te godine Nijemci pokušavaju staviti u pogon generator III, ali ne uspijevaju, jer su radnici oštetili ležaje.

Polovicom 1944. elektrana je bombardirana: probijen je krov i oštećen jedan dio postrojenja. U kolovozu elektranu ponovno bombardiraju. Oštećen je krov, postrojenje 4 kV i tlačni cjevovod br. I.

Krov oštećen tokom rata





Nova električna uklopnica izgrađena nakon 1945.

U listopadu njemačka se vojska povlači i pokušava minirati generatore, turbine, cjevovod i bazene. Zahvaljujući aktivnosti terenskih radnika i NOV naum joj ne uspijeva.

1945.

Uredbom o osnivanju Elpoh-a, objavljenom 20. VIII te godine osnovana je podružnica Elpoh-a u Splitu, u čiji je sklop ušla HE Kraljevac.

1946.

HE Kraljevac dolazi pod upravu Elektrocentra u Sarajevu.

1947.

Osnovano Ministarstvo elektroprivrede FNRJ, MINEL (19. VII). Elektrana dolazi pod direktnu upravu MINEL-a.

1948.

Osnovana Generalna direkcija elektroprivrede Hrvatske u Zagrebu 31. XII. HE Kraljevac dolazi pod Generalnu direkciju u Zagrebu.

Vodostan napuknuo po svoj dužini i došlo do poplave.

U drugoj polovici te godine dovršen je i pušten u pogon dalekovod 110 kV Kraljevac—Lozovac u svrhu nadopune opskrbe šibenskog bazena električnom energijom. Dalekovod radi privremeno sa 60 kV.

Kolektiv dobiva prijelaznu zastavu Vlade FNRJ za postignute uspjehe.

1949.

Ponovna pohvala centralnog odbora Sindikata i Vlade FNRJ za uspješno izvršen zadatak.

1950.

Ukidaju se Generalne direkcije (10. II 1950.).

HE Kraljevac, HE Manojlovac i HE Jaruga udružuju se u jedno poduzeće: HE TITO, s direkcijom u Splitu.

U rujnu mjesecu te godine, neposredno nakon donošenja Zakona o radničkim savjetima i upravnim odborima, biran je prvi Radnički savjet poduzeća. Organi upravljanja birani su zajednički za cijelo poduzeće HE TITO sa sjedištem u Splitu.

1951.

Počinje gradnja dalekovoda 110 kV Kraljevac — Mostar u svrhu opskrbe električnom energijom mostarskog bazena.

Biran je samostalan Pogonski radnički savjet.

Kolektiv dobiva po treći put prijelaznu zastavu Vlade FNRJ i naziv »najbolji radni kolektiv hidroelektrana u FNRJ«.

1953.

Rasformirane direkcije, a osnivaju se republički elektroprivredni sistemi. Ukida se direkcija poduzeća HE Tito u Splitu, a HE Kraljevac postaje samostalno poduzeće, te radi samostalno po privrednom računu sa vlastitim radničkim savjetom.

Koncem godine hidroelektrana ponovno dobiva stari naziv HE Kraljevac.

1954.

Krov elektrane, koji je za rata dva puta oštećen, prokišnjavao je, pa je sada temeljito uređen.

Osnovana Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, u koju ulazi HE Kraljevac.

14. veljače te godine biran je radnički savjet i u nj je ušlo 15 drugova.

1955.

Radnički savjet donosi odluku da se pozove zajednička Komisija Zajednice i Sekretarijata Izvršnog vijeća NRH u svrhu pregleda postrojenja, koja su u lošem stanju i donese odluka o mjerama koje treba poduzeti.

1956.

Izmijenjena je izolacija na generatorima I i IV. Zbog stalne vlage oko elektrane izolacija je bila izložena vlazi i onda kada su pojedini generatori stajali.

1957.

Izmijenjena je izolacija na generatorima II i III. Tunel otpuštanja, koji nije bio čišćen od 1912. očišćen je. Čišćenje je trajalo 10 dana i izbačeno je preko 3500 m^3 sadre.

Ugrađen je ventilator na generatoru I radi hlađenja namota.

Izvedeno je ozračivanje turbine III i IV radi regulacije vakuuma.

Ugrađena je zatvaračnica na ulazu tunela na brani. Automatsko reguliranje protoka vode u tunelu i količine vode u vodostanu riješeno je tako, da je u vodnoj komori postavljeno sklonište sa 3 plovka.

Ugrađeni su grijači ispod generatora od 28 kW za svaki generator.

Stare uljne sklopke generatora zamijenjene su novim ekspanzionim sklopkama.

1958.

Bujica Kraljevac predstavljala je stalnu opasnost od nanosa u odvodni kanal elektrane, pa je u dovodni kanal po nekoliko puta bilo naneseno na tisuće kubičnih metara nanosa. Regulirana je bujica i time za dugi period spriječeno taloženje nanosa u odvodni kanal.

Temeljito su popravljeni rotori turbina.

1960.

Pristupilo se izmjeni sistema hlađenja ležaja turbine. Stari je sistem zamijenjen novim.

Izvršena je zamjena ventilacionih kanala i kućica generatora.

1961.

Posljednjih godina utrošena je na radove oko poboljšanja i popravaka postrojenja okruglo jedna milijarda dinara.

Naslov pisca: Marin Čizmić, Hidroelektrana Kraljevac



Pogled na hidroelektranu zimi, pod snijegom

PO KRALJEVCU I OKO NJEGA

Bilješke i zapisi o kraju i ljudima

Ernest Radetić, Zagreb

U ovom prikazu opisuje se život ljudi, pojedini tipovi i njihove karakteristike, zgode i nezgode mnogih od njih, a napose onih koji su uz objekt proveli po 50 i više godina svoga života. To su, kako i sam podnaslov kaže, »bilješke i zapisi o kraju i o ljudima«.

DK 621.311.21

Godina teče tisuću devet stotina šezdeset i druga. Prvi su dani ranog proljeća.

Vijuga duga bijela cesta, što vodi od Splita prema Omišu, sakriva se na mahove iza kršnih stijena, iza brežuljčića, iza bijelih kamenih kuća, da se najednom i opet pojavi tik uz more, srebrna, blistava, kao da se poput nestašna i nasmijana djeteta, igra s tobom skrivača.

Granati bademi, svi u cvatu, trune svoje ružičaste latice svuda naokolo: po vrtovima, dvorištima, pa i po samoj cesti. Da nije dan tako topao, more tako mirno, a nebo tako vedro, kao da je čas prije svježe umiveno, mislio bi, da su to pahuljice snijega, što lepršaju po zraku nošene blagim povjetarcem.

Miriše more, miriše vlažna od zimskog sna istom probuđena zemlja, mirišu ljubice uz puteve i bademi po dvorištima.

Auto juri i kao da guta dugu, vijugavu cestu. Šezdeset, sedamdeset, osamdeset, koliko li, kilometara na sat. Idemo u Kraljevac na Cetinu i hitamo sve brže i brže, da što prije stignemo dragome svečaru. I razmišljamo putem, čas tiho u sebi, čas glasno, ne mogući zatomiti neko unutarnje ganuće.

Pedeset godina! Pola stoljeća! To nije mala stvar. Pogotovu u vremenima u kojima živimo. Eh, koliko se toga izmijenilo od onoga proljetnoga jutra prije pedeset godina, kada je centrala proradila. Nestala su carstva, nestala prijestolja, dinastije, ljudi i njihova uređenja i rodile se nove države, nove granice, novi društveni poredak.

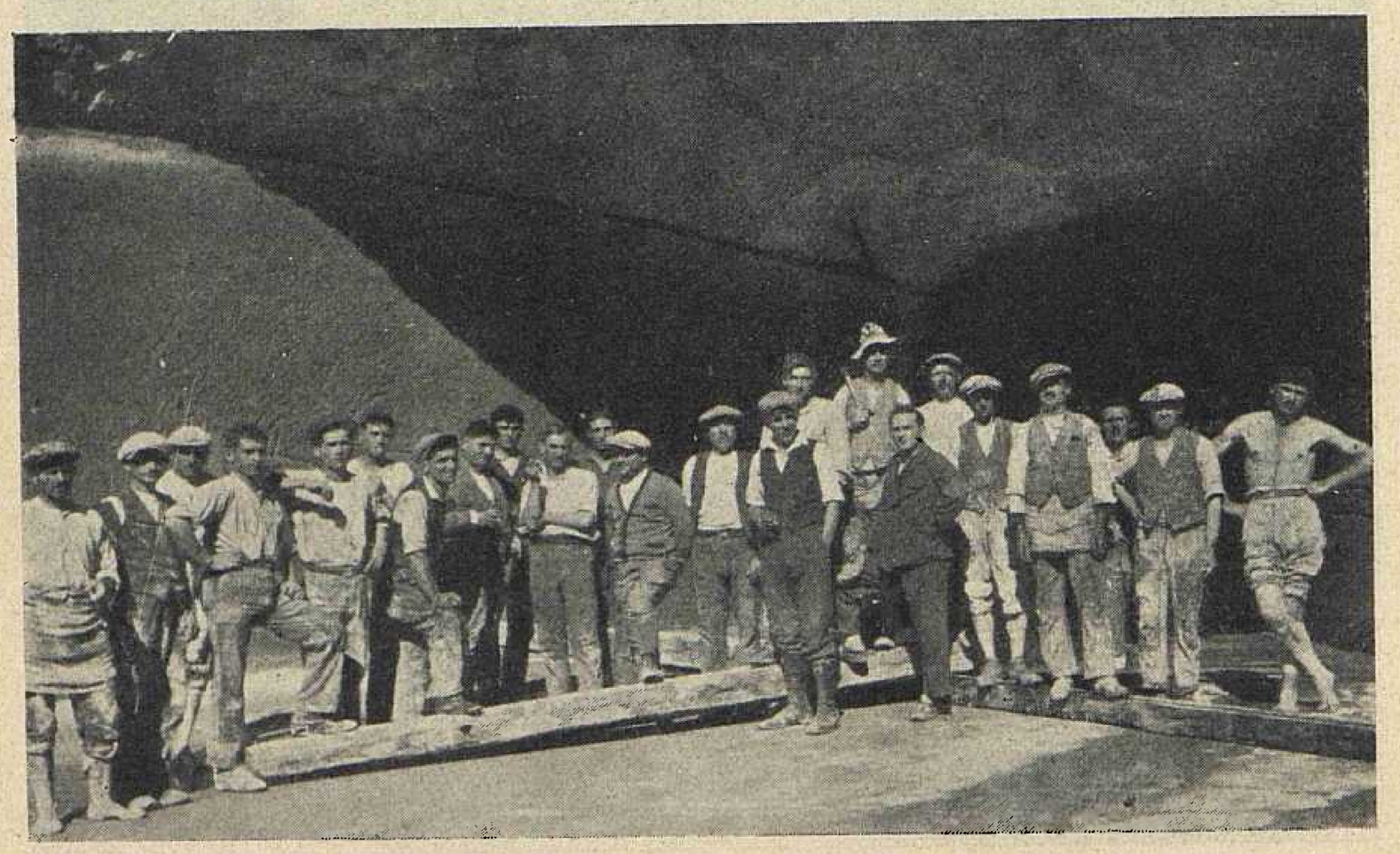
Da! I prije pedeset godina netko se tako vozio ovom istom cestom, ovim istim pravcem, kao i mi danas. Cestom ovom, ne doduše ovako blistavom, glatkom i asfaltiranom, a ni u ovakvim brzim kolima, nego vjerojatno u kočiji sa dva dobra, uhranjena konja, pod čijim su potkovama frcale iskre pri svakom jačem udaru o tvrdi stanac kamen.

Vozili se tako, kao i mi danas, prvi osnivači i prvi graditelji. Tko bi im i znao imena. Možda to bijaše Tomandel direktor, možda glavni inženjer gradnje Ziegerli, možda Mastro Matteo Pasquale, možda naš Čičin, a možda kasnije i kruti Francuz Louis Aubert! Svi su oni tako putovali u Kraljevac i iz Kraljevca, vozili se i odvozili, ostavljajući tko veći tko manji dio svoga života uz tu kotlinu, uz te slapove. I svi se konačno odvezli, da se više nikada ne povrate.

Kraljevac stoji i njegove nas dvije Gubavice promatraju, nas sitne mravce pod sobom i gledaju nas sa smiješkom iz perspektive tisućljeća. A slapovi poigravaju neumorno i pjevaju nezadrživo svoju vječnu pjesmu ljepoti i veličajnosti prirode.

Dolazimo do Omiša, drevnog gnijezda ponosnih gusara, smionih pomoraca i boraca. Gledajući impozantnu klisuru koju s jedne strane zapljuskuje more, a s druge miluje Cetina, susrećući junačke tipove, mnogo nam toga postaje jasnije i razumljivije: i neslomivost Kačića i nemoć duždeva i ugarskih kraljeva, pa i samih križara da to gordo gnijezdo skrše i unište.

Zakrećemo iza stijene i ulazimo u kanjon Cetine, koja se ovdje konačno smiruje, sretna što može otpo-



Strojevi mogu uraditi mnogo. Ali prvi pokretač svakoga rada je ipak čovjek.

Skupina radnika iz prvih dana gradnje.



Rad nije lagan, jer treba razbijati živ kamen

činuti nakon mučna probijanja kroz sve moguće gudure, sutjeske, klance i tjesnace.

Cetina! Kuda li je sve prolazila, kuda zaokretala dok je dovle došla. Od izvora kraj Vrlike s visine od 380 metara pa sve do Zadvarja teče u laganom spustu punih 75 kilometara dinarskim pravcem, da se najednom pod Zadvarjem preokrene i uputi od istoka prema zapadu, kao da je naslutila blizinu mora i teče, teče, probijajući se daljnjih 25 kilometara do Omiša. Kraj Zadvarja je njena najljepša kanjonska forma, a na Gubavici njeni najljepši vodopadi.

Ulazimo u unutrašnjost i idemo joj ususret do Gubavice. Nestaje mora i širokih vidika, klisure se stežu u obruč. Sasvim drugi krajolik. Pratimo rijeku uzvodno ne napuštajući je ni čas, osim u iznimno neprobojnim tjesnacima. Tu i tamo se ispriječi po koja napuštena mlinica, po koja odvaljena stijena, po koje zubom vremena podgriženo deblo.

Na mahove se dignemo iz kanjona, obzorje se proširi i pred nama se pojavljuje Biokovo u svoj svojoj veličini, suncem obasjana vrha, u punom svom sjaju. I polja ugledaš i ravnice i vinograde i zelene šumarke i vrtove pune rascvjetanih bajama. Sve se to nenadano prostre pred tobom poput divnog šarenog tkanja. A tada, ni sam ne znaš kako, nađeš se najednom u tvorničkom krugu hidroelektrane Kraljevac.

Iznenađen si zaglušnom bukom vode, koja se uz lomljavu ruši iz visine, probija kroz ogromne gvoz-



Ponekad se radilo stojeći u vodi do koljena

dene cijevi i bijesno drma generatorima i strojevima. Divovskom snagom pokreće turbine i pretvara svoju divlju, nedisciplinirani snagu u drugu, poslušnu i pokornu. Vidljivu snagu u nevidljivu. Vodnu u električnu!

* * *

Eto, ovdje, u tom i takvom kraju živi elektrana svojim zanimljivim i osebujnim životom već ravno pola stoljeća. Čak i više, jer njezin je život počeo zapravo onoga časa, kada su ovdje prasnule prve mine, odjeknuli prvi pijuci. A to je bilo nekoliko godina prije 1912.

Filip Čizmić, Dragutin Pejković, Filip Šodan i Mate Utrobičić najstariji radnici elektrane, danas već časni penzioneri, uz nebrojene su druge, znane i neznane, već 1908. započeli ovdje svoj radni staž kopajući temelje centrale.

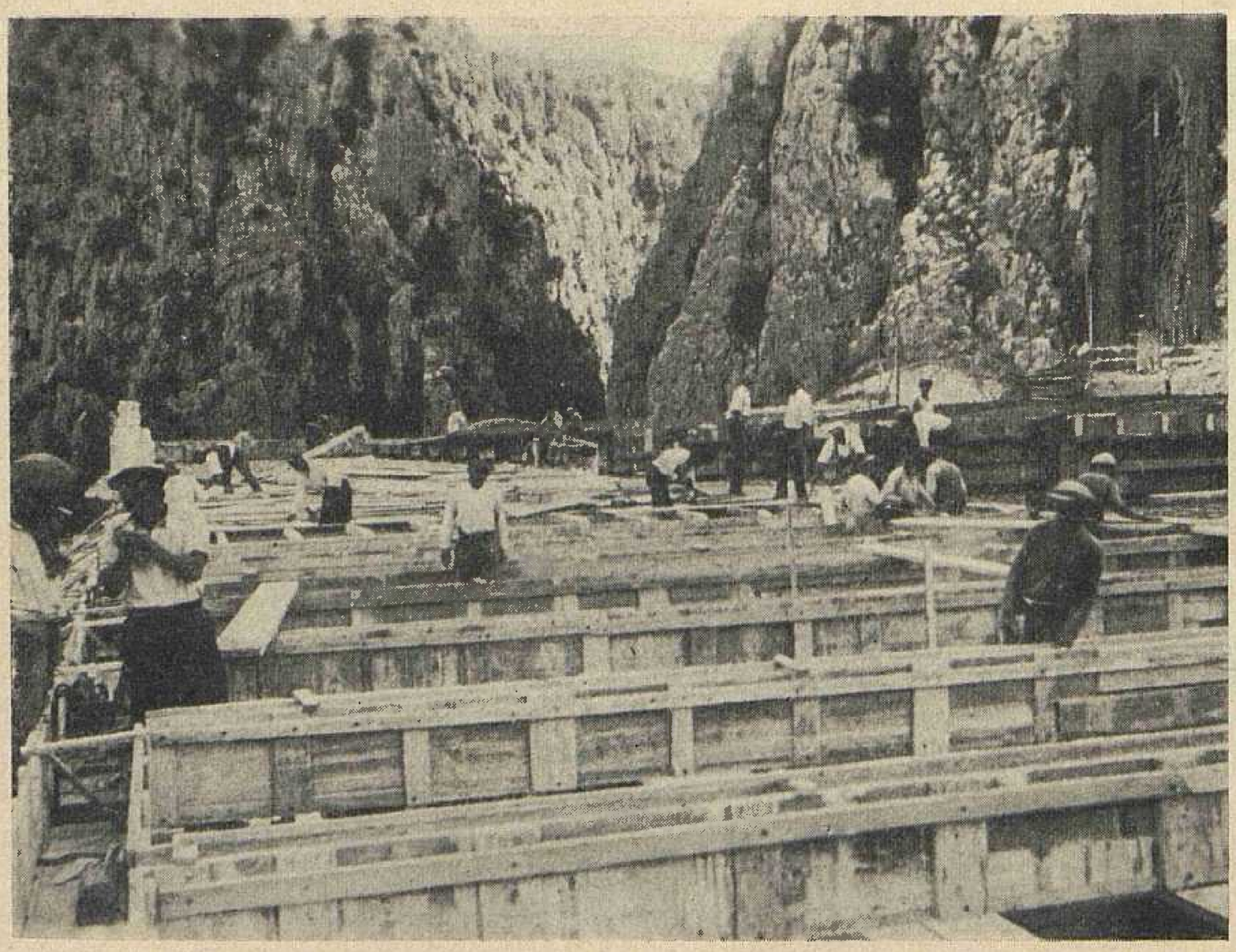
Kada znamo, da je to kraj, koji se ne može ubrojiti među bogate, kraj gdje se dinar teško izbijao iz škrte i krševite zemlje, lako ćemo shvatiti, što je pojava jednog objekta kao što je ova centrala, značila za taj narod i za cijeli niz porodica, koje su u njoj našle izvor skromnog doduše, ali stalnog prihoda. Zato su ju od prvog časa ljudi prihvatili i vezali se uz nju, s njom se organski saživjeli i postali njezin neodvojivi dio.

Sela: Šestanovac, Zadvarje, Podgrađe, Poletnica, Šodani i Slime, ovo posljednje pogotovo, tako su tijesno povezana sa centralom, da ju smatraju sastavnim dijelom svoje imovine. To je i razumljivo, jer se sav njihov i privatni i javni život odvijao u sjeni objekta, tu su bivale zaposlene po tri generacije i svaki je poremećaj u centrali značio ujedno i poremećaj u njihovom privatnom životu.



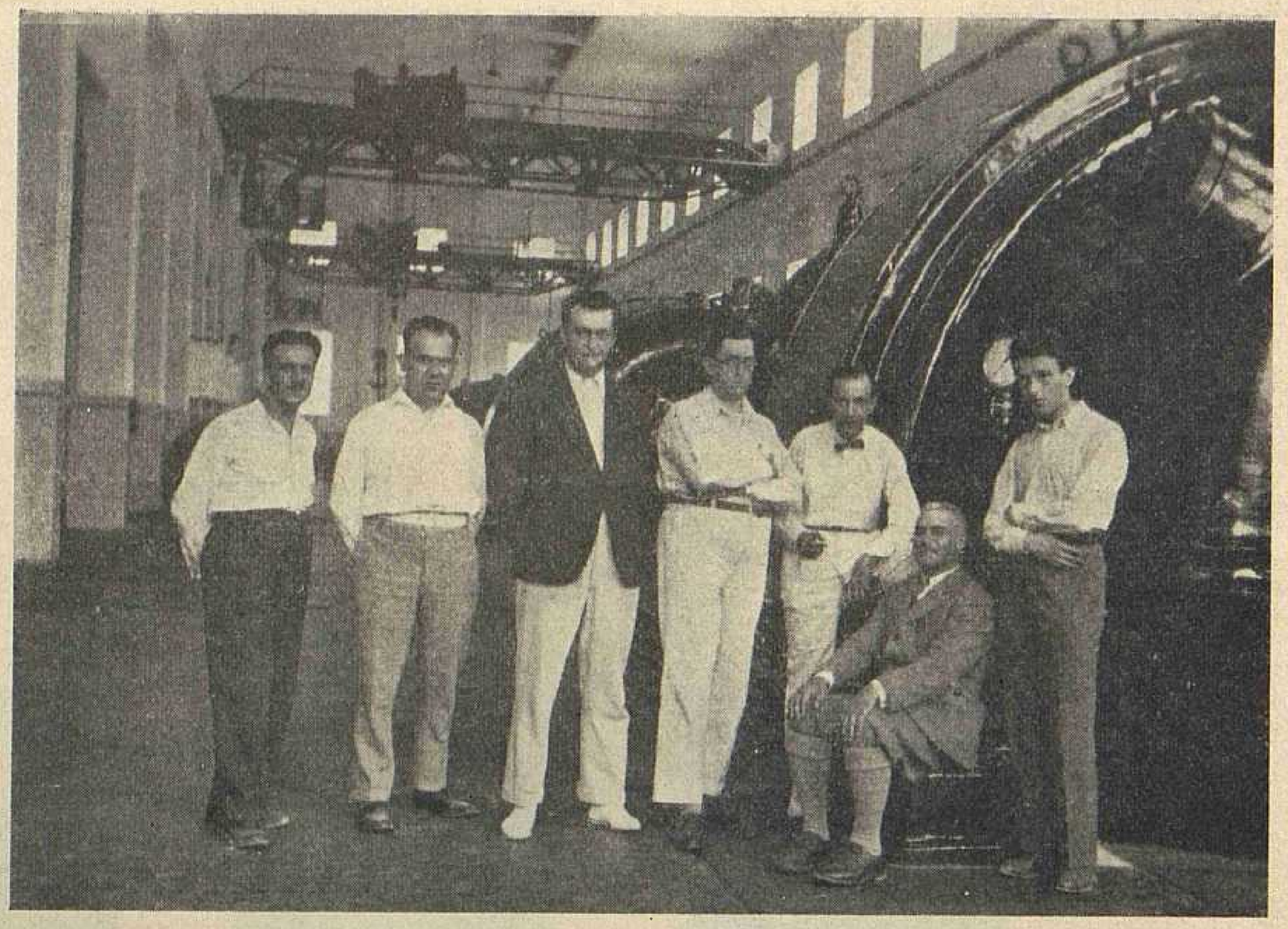
Polaganje velikog cjevovoda 1911.

Upravo je dirljivo vidjeti požrtvovnost svih članova kolektiva, kada nastupe momenti nekih prekida ili poremećaja u centrali ili na vodovima. Svi će oni u takvim časovima, bez obzira na radno mjesto i dužnost, koju pojedinac obavlja, pohitati da pomognu,



Gradnja se izvodi solidno. U njoj će biti montirani strojevi koji treba da rade bez prekida pola vijeka.

Prvo tehničko osoblje



desilo se to danju ili noću. Jednako »metalac« (tako zovu čistača koji barata metlom!) kao i kurir, mazač strojeva, strojar ili uklopničar.

Svi su oni prošli ovdje i školu života i školu svoje stručne naobrazbe. Oni dišu sa strojevima, osluškuju njihovo zujanje, opipavaju njihovo bilo. Desi li se negdje defekt, ili prekid kakav, svi ga smjesta saznaju i nema privatne spriječenosti, koja bi ih zadržala, da bez odlaganja ne krenu na istraživanje i njegovo uklanjanje.

* * *

Kad već govorimo o ljudima, da rečemo riječ dvije i o njihovim karakteristikama.

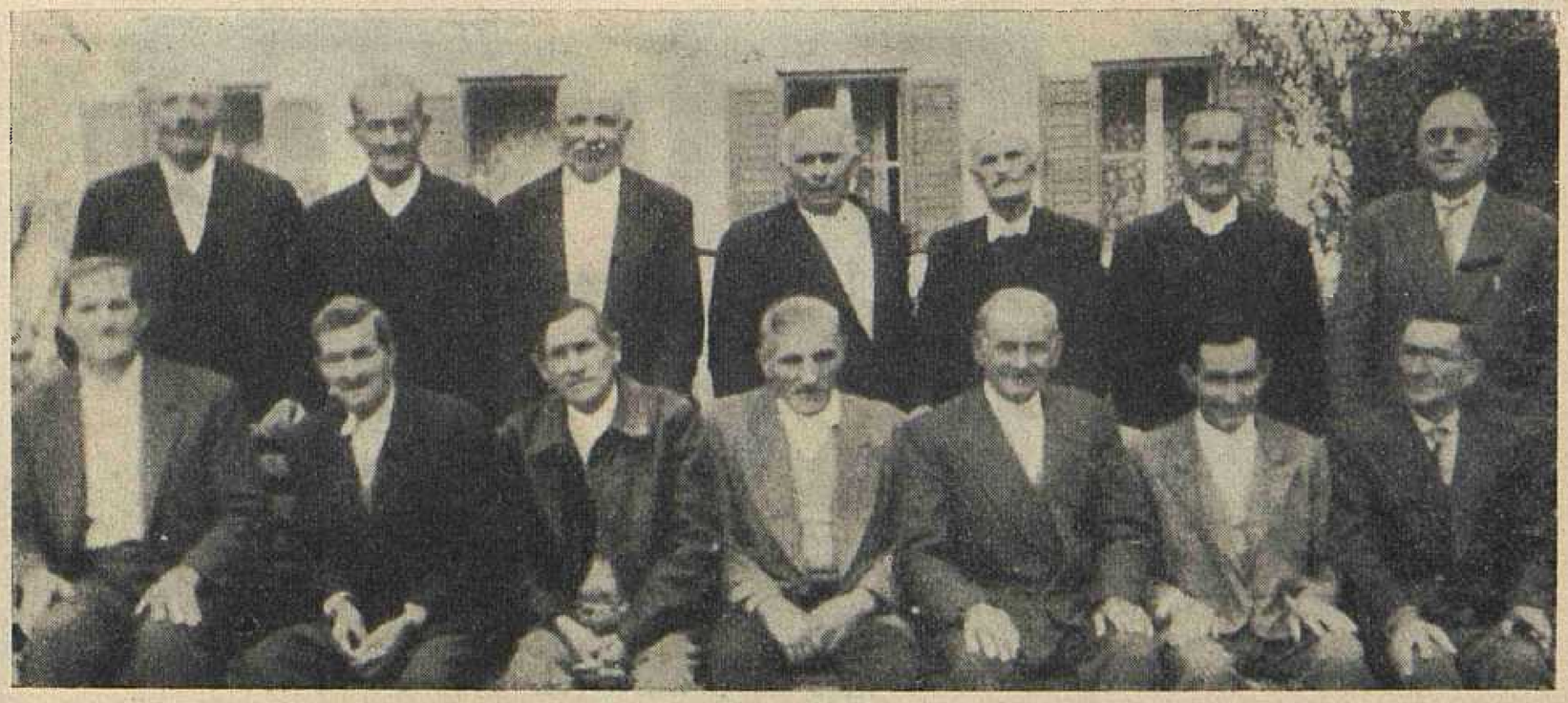
Jedna austrijska statistika iz devedesetih godina prošloga stoljeća* kaže o pučanstvu toga kraja slijedeće:

»Da su današnji stanovnici toga područja dostojni potomci onih Dalmatinaca, koji su zbog svojih odličnih umnih i fizičkih osobina sačinjavali tjelesnu stražu mletačkih duždeva, bjelodano dokazuju vojne statistike. Od 1000 liječnički pregledanih vojnih obveznika samo ih je 93 bilo ispod 160 cm visine. Od 160 do 170 cm visokih bilo je 488, a sve je ostalo imalo preko 170 centimetara.

Što se tiče plećatosti oni su plećatiji od čeških Nijemaca i Čeha, koje smatramo najplećatijima u austrijskoj vojsci. Svojom košćatošću i žilavošću nalikuju čvorastom i žilavom drveću svoga krševitog zavičaja, koje se unatoč skromne i jednostavne ishrane, žilavo odupire vjetrovima i temperaturnim razlikama, koje se kreću od polarne hladnoće do tropske vrućine«.

I zaista, kada promatramo ljude toga kraja ne možemo posumnjati u istinitost gornje ocjene. Mi bismo ju samo upotpunili našim zapažanjima: tipovi ljudi iz gornjih sela tamne su puti, košćati i skoro bismo rekli, kosih očiju. Snalažljivi su, promećurni i sposobni trgovci. Ljudi iz donjih sela, svijetle su puti, blaga pogleda, privrženiji zemlji i nekako osjećajniji, meka-

* Oesterreichisch-ungarische Monarchie in Wort und Bild —Dalmatien. Članak dra Karla Vipauza: *Physische Beschaffenheit der Bevölkerung Dalmatiens.*



Oni su dali centrali najljepše godine svoga života.

Skupina umirovljenih radnika od kojih su neki radili od 1908. bez prekida sve do svog nedavnog umirovljenja.



Mate Bajić



Nikola Bajić



Tadija Bajić



Filip Čizmić



Mate Kosor



Nikola Krnić



Ante Krželj



Filip Šodan



Dragutin Pejković,



Nikola Šodan



Lovro Šodan



Ivan Šupuk



Jozo Tadić



Mate Utrobičić

Došli su mladi i golobradi, neiskusni i s malo stručnog znanja, a sada je napuštaju bogati iskustvom i znanjem, koje su prenijeli na novo pokoljenje.







Nekoliko najstarijih radnika – Danijel Bajić, Slavko Čoko, Božidar Šodan.



Josip Katurić, kuhar Bepo

niji. To je, dakako, teško generalizirati, jer se je stanovništvo ženidbom i prijelazom, naročito u posljednje vrijeme, iz jednog sela u drugo, temeljito izmiješalo. Ali stanovite se osobine pojedinih tipova iz pojedinih sela, ipak mogu raspoznati.

Tipična slavenska gostoljubivost i srdačnost podjednako se međutim ispoljuju i kod jednih i kod drugih, iako u odnosu na stranca ljubomorno čuvaju stečene tekovine u svima im dragoj centrali.



Edo Soklić, dugogodišnji upravitelj pogona



Tomo Šodan, najstariji radnik

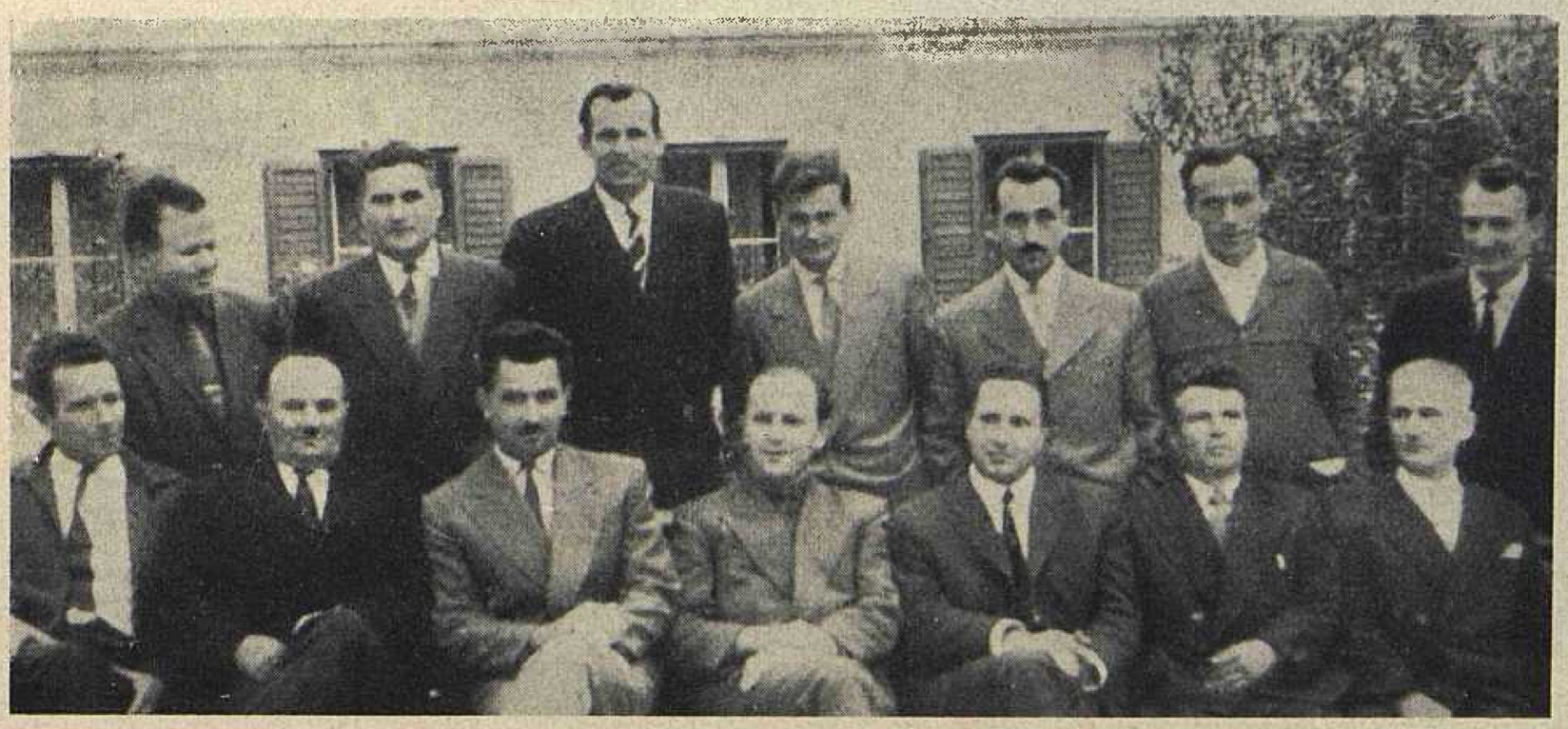
Kada je 1946. u proljeće, mladi jedan inženjer došao ovamo iz Zagreba preko Rijeke, pa preko Like i Splita kamionom, izmučen i izgladnio nakon duga i naporna puta, bio je — kaže — tako srdačno dočekan, da su ga suze oblile od ganuća. Odveli ga u nekoliko sela, uveli u pojedine kuće i podvorili, unatoč teškim vremenima, kao nikada nigdje prije toga. To ga je moralno toliko podiglo i ojačalo, da je punih šest godina u najtežim časovima obnove centrale, kad je svega nedostajalo, zajedno sa svim tim priprostim ljudima radio s takovim oduševljenjem, na kakvo se rijetko gdje nailazi.

A prilike su bile zaista teške i život u centrali nimalo ugodan. Hrane malo, a nije je bilo gdje ni nabaviti.

Kuhar Bepo, samouk, još je za vrijeme dok su Madžari ovdje radili naučio od njih pripremati hranu. Prošao je sve kuhinje, postao majstor svoga zanata i najvažnija ličnost u onim teškim danima. Kako da iz onih par kila kukuruzna brašna dade dobru koštu onim jadnim neoženjenim članovima kolektiva, koji su bili prisiljeni hraniti se u njegovoj menzi. Ujutro za doručak: mekana pura, u deset sati, za »marendu« nešto tvrđa pura sa namazom pekmeza. O podne za ručak opet pura, samo na neki drugi način. Pura je bila i za večeru, ali na treći Bepov način. Znalo je ponekad biti i juhe od nekog »potpouri«-zelenja, na čiju je površinu znala isplivati i po koja ostrugana korica sira.

I eto, baš u tim i takvim časovima, najjače je i najsnažnije došao do izražaja zlatan karakter svih tih tipova i svih tih osebujnih ljudi.

Izvan objekta, izvan tvorničkog kruga, ljudi su, naravno, živjeli svojim životom, sa svojim radostima i svojim slabostima. Politika, žene, po koja svađa i zadjevica. Ponajčešće zbog onog malog komadića plodne zemlje za obradu na »ižoli«, koju je bilo najteže pravedno podijeliti, jer nije svaki dijelak jednako plodan.



Novo vrijeme – novi ljudi. Članovi sadašnjeg Radničkog savjeta poduzeća.



Marin Čizmić, direktor poduzeća od 1955. do danas

Ali sve u svemu, kad se čovjek malo udalji i gleda sav taj mali svijet iz nešto udaljenije perspektive, ne može a da za nj ne osjeti najtoplije simpatije...

* * *

Tokom pedeset godina mnogo se ovdje ljudi izmijenilo. I na ključnim i na sporednim položajima. O svakom se od njih priča po koja značajna anegdota. Jer tu su ljudi, da se tako izrazimo, gledali jedan drugome svaki dan u želudac. Znali su što jede, što tko radi, kuda je pošao i kad će se vratiti. Sve je to jedna velika obitelj sa mnogo i dobre i zločeste djece, sa mnogo snaha i svekrva, punica i punaca, mladih udvarača i starih »savjetnika«.

Glavni građevni inženjer bio je ing. Ziegerli, a prvi generalni direktor Tomandel. S prvim Ganzovim strojevima došao je iz Budimpešte glavni monter Luka Soklić. S njime je kao pomoćni monter došao godine 1913. i sin mu Edo Soklić. Od domaćih tu su već radili od 1908. već spomenuti Filip Čizmić, Dragutin Pejković, Filip Šodan i Mate Utrobičić, a od 1909. Mate i Nikola Bajić, te Ante Krželj. Lovre Šodan počeo je 1911.

Za vrijeme prvog svjetskog rata od 1914. do 1918. mnogi su mladi morali u rat. Među njima i Edo Soklić, koji se međutim već 1918. vraća najprije u Dugi Rat, a 1921. ponovno u Kraljevac, gdje ostaje neprekidno do 1953.

Bepo Katurić i Nikola Šodan dolaze 1919. godine; 1920. dolazi Mato Kosor, manipulant bazena, godine 1924. strojar Jozo Tadić, a 1929. skladištar Tadija Bajić. Iza toga dolaze redom stro-



Ing. Slavko Butara, tehnički rukovodilac

jari Tomo Šodan, Srećko Pupačić i Danijel Bajić, te drvodjelac Slavko Ćoko i elektromonter Božo Šodan.

Sve su to radnici, koji su bez obzira na svoje zvanje ili svoj položaj, iako dobrim dijelom samouci, svojim iskustvom i znanjem nešto značili u centrali.

Uz Edu Soklića, po zanimanju pomorskog strojara i električara, vrsnog majstora i čovjeka velikog iskustva i znanja, ne smije se propustiti spomenuti i strojara Stjepana Rückerta, te strojara-uklopničara Petra Sarközy-a, vrlo vrijednog radnika, podrijetlom vojvođanskog Madžara negdje iz Sente.

Sarközy je bio tamo s obitelju. Imao je ženu, sina i dvije kćeri, od kojih je jedna bila blagajnica u poduzeću, a druga udata za tadanjeg direktora Tomislava Alfirevića. Ni on ni žena mu nisu unatoč najvećih napora nikada uspjeli da nauče čestito hrvatski, iako su godinama živjeli među ljudima, koji govore divnim jezikom. Zbog nepoznavanja našeg jezika, što ga je mnogo mučilo, kola o njemu i danas sijaset anegdota. Nije mjesto da se nanižu anegdote



Ante Šodan Lovrin predsjednik Radničkog savjeta

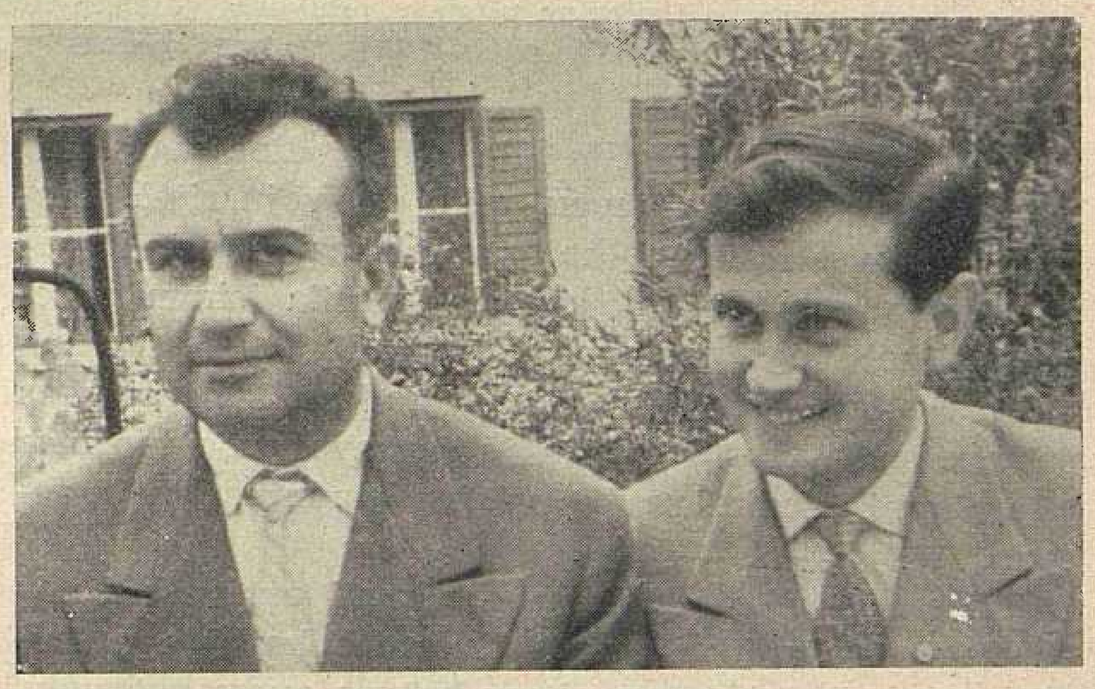


Ante Tadić, predsjednik Upravnog odbora

Jedno dugo i lijepo, iako ponekad vrlo burno, razdoblje hidroelektrane je završeno. Novo vrijeme nosi novo breme, nove zahtjeve, a Kraljevac i njegovi



Mate Krnić, sekretar poduzeća



Predsjednik i tajnik Sindikalne organizacije — Henrik Pupačić i Mate Šodan

o njemu i o mnogim drugima, iako bi to zbog svoje originalnosti zavrijedilo. Poneke predstavljaju biser narodnoga duha i smisla za humor.

Pa i zgode o pojedinim defektima i poremećajima, koje su ti ljudi rješavali, bez šema i bez instrumenata, jer su živjeli sa strojevima i poznavali sve njihove mušice i hirove, bilo bi vrijedno zabilježiti. Ili slučaj Tome Šodana, koji je osam dana pješačio uz dalekovod od stupa do stupa, do Manojlovca i natrag, tražeći odvode i popravljajući sam samcat defekte na vodu, samo s komadom kruha u torbi.

To bi bila lijepa zbirka anegdota, koje bi trebalo pohraniti u arhive centrale.

Redoslijed rukovodnog osoblja bio je, ako nam je uspjelo tačno ga postaviti, otprilike ovakav: Tomandel, Čičin, Mastro Matteo, a za vrijeme Francuza, od 1929. do 1941. Louis Aubert (Ober), za sve vrijeme rata Edo Soklić, zatim ing. Andolšek, ing. Đuro Furač, ing. Tomislav Alfirević, ing. Ante Busatto, ing. Ivo Tkalčec i od ožujka 1955. do danas Marin Čizmić, a uz njega pogonski inženjer ing. Slavko Butara.

ljudi trebat će da se s obzirom na pojavu nove hidroelektrane na Cetini, HE SPLIT, prilagode novim pri-

Ante Šodan Nikolin, šef pogona



Srećko Pupačić, jedan od najstarijih aktivnih radnika





Frane Šodan, najmlađi radnik u elektrani

likama. Kakvi ih sve zadaci čekaju, kako će se u njima snaći, pitanje je budućnosti.

Ali pri izmjeni straže hidroelektrani Kraljevac i njenim ljudima, koji su dali sve od sebe, da ju sačuvaju i uzdrže, treba odati puno priznanje.

Jer nisu samo strojevi koji rade, njihove konjske snage i njihovi kapaciteti. Rade i stvaraju ljudi, ljudski um, ljudski karakteri.

I zato je i ljudima trebalo posvetiti nekoliko redaka i reći i o njima po neku riječ. O onim najmanjima i onim najvećima!

Naslov pisca: Ernest Radetić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

»DALMACIJA« TVORNICA KARBIDA I CIJANAMIDA U DUGOM RATU

Vinko Perić, Dugi Rat

Hidroelektrana Kraljevac bila je 1912. sagrađena s isključivom svrhom opskrbe električnom energijom Tvornice karbida i cijanamida u Dugom Ratu, te je dugo godina bila izrazito industrijska elektrana. Opisana je sama tvornica i njezina uloga u pretvorbi golemih količina električne energije u karbid, odnosno u umjetno gnojivo. Na zanimljiv način izlaže se sam proces proizvodnje u tvornici i plan njezina daljnjeg razvoja.

DK 661.665

O tome, kako je i zašto bila 1912. godine sagrađena hidroelektrana u Kraljevcu, rekli su svoju riječ elektroprivredni stručnjaci, koji su prikazali njezinu snagu, postrojenja i ulogu, koju je izvršila tokom pedeset godina svoga postojanja.

Da je ona prvobitno bila sagrađena isključivo za potrebe naše tvornice i da je zapravo naša tvornica bila glavni i jedini razlog njezine gradnje, i to je rečeno.

Osnovni razlozi, koji su potaknuli osnivače i Hidroelektrane u Kraljevcu i Tvornice karbida u Dugom Ratu, da lokaciju izaberu baš na ovom području, bili su, prema tome, slijedeći:

1. povoljni hidrološki uvjeti za izgradnju hidroenergetskih izvora;

2. povoljna sirovinska baza;

3. obilje jeftine radne snage, koja se u ono vrijeme nudila u Dalmatinskoj Zagori i u Poljičkoj krajini. U ovoj posljednjoj naročito radi propasti vinogradarstva, tada osnovne proizvodnje toga kraja, i

4. povezanost potrošača i sirovinske baze morem.

A sada, kada već istovremeno s hidroelektranom Kraljevac i mi slavimo pedesetogodišnjicu svoga opstanka, reći ćemo nekoliko riječi i o našoj tvornici i o našim proizvodima, tako usko povezanima s elektranom jubilarcem.

Jer naš proizvod je — moglo bi se reći — uskladištenje jeftine električne energije, njezin indirektni izvoz u obliku skrućene materije, njezino ulaganje u poljoprivredu u obliku umjetnog gnojiva.

Kalcijev karbid proizvodi se u elektrolučnim redukcionim pećima. Pri temperaturi od oko 2200^0 C međusobno djeluju vapno i koks u slijedećem procesu:

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO - 110000 \text{ kalorija.}$$

Da bi se postigla potrebna temperatura u elektrodnim pećima potrebno je 3000 do 3800 kWh po jednoj toni karbida. Uzmemo li u obzir, da osrednja tvornica karbida ima kapacitet od 15 do 20 MVA instalirane snage lako ćemo izvući zaključak kolike se ogromne količine energije troše u proizvodnji karbida.

Kalcijev karbid nije skup proizvod, no za proizvodnju treba velike količine energije, koja zato mora biti jeftina, a jeftinu energiju treba tražiti u protočnim hidroelektranama. Proizvodnja protočnih hidroelektrana ovisi o vodostaju rijeke na kojoj je situirana. Vodostaj rijeke u pravilu ima velike oscilacije u vremenskim periodima.

Hidroelektrana bez akumulacionog bazena treba potrošača, koji u periodu velikih voda može trošiti velike količine energije, odnosno one energije koja bi se inače u obliku vode preko brane izlila u more i izgubila. Tako uspijeva, da se energija osuđena na gubitak, kao u nekom skladištu spremi u proizvod. Ovaj odnos tvornice karbida i protočne hidroelektrane uvjetovao je da društvo »Sufid« iz Trsta koristi slap Gubavice na Cetini za izgradnju Hidroelektrane Kraljevac i Tvornice karbida u Dugom Ratu.

Tvornica u Dugom Ratu bila je spojena s centralom u Kraljevcu s dva dalekovoda visokog napona (60.000 V), svaki presjeka 3 × 50 mm u dužini od 23 km.

Poduzeće za korištenje vodnih snaga Dalmacije i za proizvodnju karbida, prešlo je 1929. u ruke francuskog kapitala pod imenom »La Dalmatienne«. Od tada je kapacitet tvornice u Dugom Ratu stalno rastao.

Za vrijeme drugog svjetskog rata tvornica je bila u glavnome porušena i onesposobljena. Po oslobođenju ona se postepeno osposobljavala i dostigla svoj predratni kapacitet.

Pored električne energije osnovne sirovine za proizvodnju karbida su: kamen vapnenac, koks, antracit i amorfne elektrode.

Karbid je, kako je navedeno, rezultat međusobnog djelovanja vapna i koksa u određenoj temperaturi. U tu svrhu tvornica »Dalmacija« raspolaže sa 6 jedinica za proizvodnju vapna i to: 3 šahtne peći ukupnog kapaciteta 45 t/dan na pogon koksom i 3 plinske peći ukupnog kapaciteta 90 t/dan koje se alimentiraju rekuperiranim plinom CO iz peći karbida.

Vapno se proizvodi na temperaturi od 900° C pri kojoj nastaje proces 42.700 cal + $CaCO_3$ = CaO + + CO_2. Po prilici sa 1 tonom vapna proizvede se 1 tona karbida, dok je za proizvodnju 1 tone vapna potrebno 1,8 tona kamena vapnenca.

Vapnenac za proizvodnju vapna ne bi trebao prelaziti odnose karakterističnе analize.

CaO	55.62 %
MgO	0 20 %
SiO_2	0.13 %
CO_2	43.28 %
SO_3	0.03 %
R_2O_3	0.23 %
P	0.016 %

Čistoća je jedan od osnovnih uslova za uspješnu proizvodnju karbida. Uz nepoželjne primjese, koje onečišćuju acetilen (fosforovodik, sumporovodik, amonijak, silani itd.), imaju nekih primjesa koje vrlo negativno djeluju i na sam tok proizvodnje. Tako na primjer silicijev dioksid stvara gustu drozgu, koja pliva na površini reakcione smjese, te sprečava prolaz plinova, aluminijev oksid se otapa u karbidu i smanjuje titar, a magnezijev oksid se reducira u metal, te za taj proces troši koks i električnu energiju.

Tvornica u Dugom Ratu raspolaže odličnim vapnencom s otoka Brača, pa prema tome i preduslovom za proizvodnju vapna i karbida.

Amorfne elektrode, kojih se troši od 20 do 35 kg za 1 tonu karbida, što uglavnom ovisi o samoj kvaliteti elektroda, nabavljaju se iz Tvornice elektroda i ferolegura u Šibeniku, odakle se dovoze brodovima.

Koks i antracit koji služe kao reduktor i kojih se troši oko 600 kg po 1 toni, nabavljaju se iz inozemstva i dovoze se morem. Koks se već proizvodi u Jugoslaviji, ali je još uvijek deficitaran.

Kalcijev karbid se proizvodi radi dobivanja acetilena i kalcijevog cijanamida.

Acetilen se dobiva rastvaranjem kalcijevog karbida pomoću vode u procesu

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Prašinasto gašeno vapno koje pri tome ostaje, smatra se otpadnim nusproizvodom.

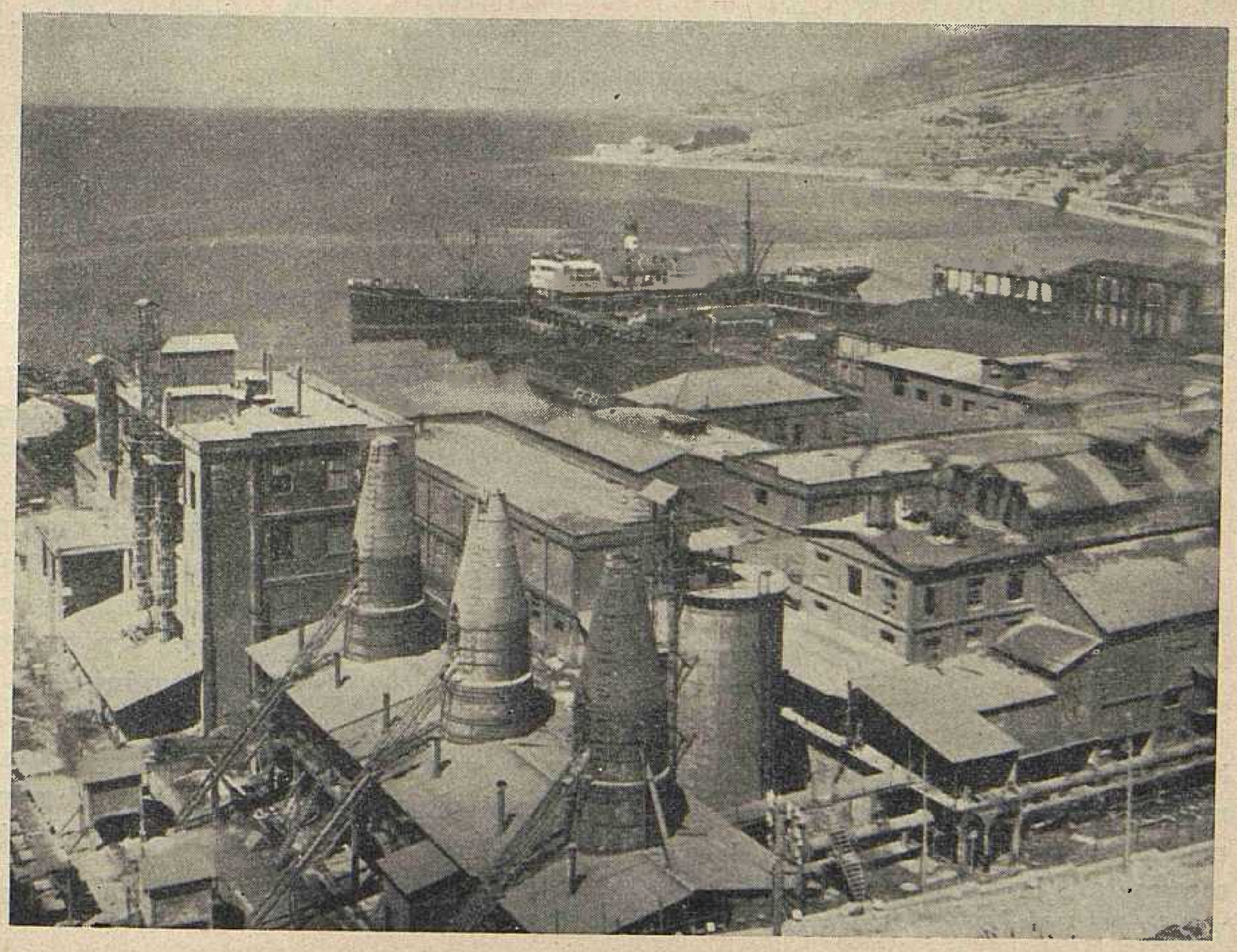
Upotreba acetilena je vrlo raširena i stara. U početku se upotrebljavao samo za rasvjetu, ali je razvitkom industrije dobio ogromnu primjenu u rezanju metala i zavarivanju. Teško i skupo rezanje metala uslijed velikog potroška električne energije zamijenjeno je acetilenom.

Međutim svoj pravi značaj u industriji dobio je acetilen kao bazni proizvod za organsko-kemijske sinteze. Od svih ugljikovodika acetilen sadrži najviše ugljika i jedini od nezasićenih je endoterman. Ugljik u acetilenu učestvuje sa 92,3 %, a vodik sa 7,7 %. Od 1 tone karbida dobije se 0,37 m^3 acetilena. Prilikom kemijskih procesa oslobađa ogromne količine energije i eksplozivan je.

Acetilen ima toliko derivata, da je stvorena tako reći i zasebna grupa pod nazivom acetilenske kemije. Kod nas se u Jugoslaviji od karbida (tj. acetilena) proizvodi polivinil-klorid u tvornici »Jugovinil«. Za proizvodnju jedne tone polivinil-klorida potrebne su oko 2 tone karbida.

Pored primjene u kemijskim sintezama prilično značajnu primjenu ima karbid u proizvodnji dušičnog gnojiva, pod nazivom kalcijev cijanamid.

Cijanamid se dobiva od fino mljevenog karbida kojem se dodaje dušik kod temperature od 1000—1100° C. U egotermnoj reakciji dolazi do procesa: CaC_2 + + N_2 = $CaCN_2$ + C + 72000 kal.



»Dalmacija« – Tvornica karbida i cijanamida – Dugi Rat

U elaboratu o budućem razvoju Dalmacije o njemu se navodi slijedeće:

»Cijanamid ima doduše razne mogućnosti kemijske prerade, no glavna mu je primjena ipak u poljoprivredi. To vrijedi naročito za naše prilike, jer s jedne strane vlada akutno pomanjkanje dušičnih gnojiva, a s druge strane produkti, koji se mogu dobiti kemijskom preradom iz cijanamida, nisu od neposrednog interesa za našu privredu, ili se troše u malim količinama. U ovu posljednju grupu spadaju: cijanovodik, tiourea i guanidinske soli. Produkti s većom potrošnjom bi mogli postati melamin i akrilonitril. No u jednom i drugom slučaju moraju se tek izgraditi velika postrojenja za preradu, koja za sada nisu na domaku naših realnih mogućnosti. Akrilinitril bi na primjer mogao postati interesantan kao kopolimer za vinilklorid, no za sada se ovaj spoj proizvodi u industrijskom mjerilu samo u nekim veoma razvijenim zemljama, tako da je pitanje, hoće li nam odgovarajući tehnološki postupci do daljnjega uopće stajati na raspolaganju. Akrilnitril je bez sumnje jedna od najinteresantnijih sirovina za industriju plastičnih masa (Vinyon N, Orlon) i sintetskog kaučuka (Buna N), no za njegovu proizvodnju treba riješiti i pitanje etilena. Osim toga se cijanovodik danas proizvodi posve sintetskim putem (npr. iz metana i amonijaka) na vrlo jeftini način, tako da se postavlja pitanje, da li će se cijanamid uopće moći upotrebiti kao sirovinska baza za tu industriju. Nešto je drukčija situacija u pogledu melamina, koji bi mogao u bliskoj budućnosti postati interesantan kao sirovina za proizvodnju sintetskih ljepila (npr. za šperploče). Količine cijanamida, koje bi se mogle utrošiti za ove potrebe, svakako su veoma male u odnosu na potrebe poljoprivrede.

Perspektiva proizvodnje cijanamida prema tome u krajnjoj liniji ovisi o rentabilitetu tog produkta kao gnojiva.

Cijanamid je vrlo dobro dušično gnojivo za kisela tla. Alkalinitet mu je visok ($pH = 12$). Veoma povoljno djeluje kao dodatak drugim gnojivima, jer pospješuje stvaranje ravnoteže između svih sastavnih dijelova (»kondicioniranje«). Cijanamid uništava korov, te se upotrebljava i za skidanje lišća s biljaka prije dozrijevanja plodova (npr. pamuk).

Po 1 kg za gnojivo upotrebljenog dušika u prosjeku se postizava slijedeće povećanje prinosa pod uslovom, da i ostali faktori za raštenje biljke zadovoljavaju:

20 kg zrna + 30 kg slame
ili 100 kg krumpira
ili 150 kg šećerne repe + 100 kg lišća
ili 250 kg obične repe + 75 kg lišća
ili 45 kg sijena.

Po hektaru treba nadoknađivati 60—130 kg dušika godišnje. Stvarno se prije rata u prosjeku trošilo umjetnih dušičnih gnojiva u Nizozemskoj 109 kg N/ha, a u Njemačkoj 72 kg N/ha.

Obavezno gnojenje dušikom je za vrijeme rata u Njemačkoj — unatoč velikih potreba dušika za vojne potrebe — iznosilo još uvijek 25 kg/ha. Naš potrošak na umjetnim gnojivima je u odnosu na ove brojke minimalan. Računamo li obradive površine u NR Hrvatskoj i NR Bosni i Hercegovini sa 3,000.000 ha i normativ gnojenja dušikom s 25 kg/ha, onda dobivamo godišnju potrebu od 75.000 t vezanog dušika, odnosno blizu 400.000 t cijanamida. Pretpostavimo li, da samo 25 % zemlje može podnijeti cijanamid kao gnojivo (zbog jakog alkaliniteta), preostaje još uvijek minimalna potreba od 50.000 t/g.«

»Dalmacija« Dugi Rat pored karbida, ferosilicija i cijanamida proizvodi i dušik za proizvodnju cijanamida.

Pri izdvajanju dušika iz ostatka uzduha tvornica izdvaja kisik i konačno plin argon.

»Dalmacija« Dugi Rat ima danas ove instalirane kapacitete:

3	plinske peći za vapno, učin	90 t/dan
3	jamaste peći za vapno, učin	45 t/dan
1	vapnena peć s plinskim generatorom	50 t/dan
2	peći za karbid po	7200 kVA
1	peć za karbid po	4200 kVA
1	peć ferosilicija	4200 kVA
48	peći za cijanamid	40 t/dan
1	radiona buradi, učin	700 kom/8 sati
	pomoćne radione svih osnovnih struka	

Korištenje navedenih kapaciteta ovisilo je isključivo o snabdijevanju električnom energijom i o naporu uzdržavanja vrlo starih i dotrajalih kapaciteta.

Zahvaljujući raspoloživoj električnoj energiji proizvodnja od oslobođenja kretala se u iznosima, koji su navedeni u narednoj tablici.

Godina	Neobrađeni karbid t	Uljeni cijanamid t	Ferosilicij t	Disuplin t	Komp. kisik t	Izvoz karbida t	Utrošak energije MWh
1947.	9.428	5.189	—	12	16	1.508	41.444
1948.	21.349	9.828	—	16	18	10.465	93.494
1949.	17.818	7.052	—	28	84	8.357	80.011
1950.	18.171	7.184	399	32	146	7.772	87.084
1951.	17.476	7.443	738	37	168	7.689	94.590
1952.	17.760	5.401	801	41	223	4.776	98.579
1953.	20.644	8.528	440	43	271	9.022	95.632
1954.	16.168	3.985	226	34	247	5.959	71.324
1955.	27.857	8.430	810	37	284	10.721	125.007
1956.	27.542	8.627	724	41	276	7.583	120.922
1957.	34.091	9.111	667	46	419	13.398	153.574
1958.	23.222	8.405	505	48	888	5.987	108.616
1959.	27.683	3.401	753	55	1.132	7.986	123.151
1960.	32.032	1.654	1.054	59	985	14.509	142.311

Starost postrojenja kao i povećana potražnja karbida na tržištu uvjetovali su zamjenu i proširenje kapaciteta. Razvitak je zamišljen u 3 faze i to:

I faza. Izgradnja moderne peći za proizvodnju karbida od 150 tona/dan (22.500 kVA) s odgovarajućim pećima za proizvodnju vapna kao poluproizvoda u proizvodnji karbida. (Današnje tri peći karbida proizvode 110 tona na dan).

Montaža spomenute peći je sada u toku. Početak probnog pogona predviđa se u 2. tromjesečju ove godine. Po završenoj I fazi »Dalmacija« Dugi Rat će moći ostvariti ukupni prihod od oko 5 milijardi dinara, s prilivom deviza od oko 3,500.000 dolara godišnje.

II faza. Predviđa se izgradnja još jedne moderne peći karbida i potpuno napuštanje starih peći za njegovu proizvodnju.

III faza. Predviđa osvajanje novih proizvoda. Ova se faza, međutim, ne smije shvatiti kronološki doslovno. Na njenoj razradi se već radi i ona se može djelomično ostvarivati i prije.

Naslov pisca: Dipl. ec. Vinko Perić, »Dalmacija«, Dugi Rat

STATISTIČKI PODACI ZA HE KRALJEVAC

Usporedba dnevne proizvodnje električne energije HE Kraljevac u MWh u godinama 1939 i 1960.

Datum	Siječanj		Veljača		Ožujak		Travanj		Svibanj		Lipanj	
	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960
1	456	1514	282	1609	584	1591	562	1583	551	1499	422	1317
2	456	1405	186	1619	595	1591	559	1572	597	1459	422	1491
3	563	1423	179	1596	590	1593	577	1576	582	1575	440	1430
4	446	1460	268	1614	620	1598	586	1525	487	1574	425	1460
5	556	1593	43	1592	631	1593	581	1572	484	1581	475	1483
6	558	1580	69	1615	597	1599	577	1578	481	1582	548	1532
7	574	1586	70	1606	586	1566	573	1577	469	1582	537	1539
8	556	1600	88	1606	590	1574	658	1494	496	1580	517	1541
9	239	1578	83	1611	599	1592	331	1588	359	1579	575	909
10	573	1628	82	1611	560	1586	404	1527	221	1581	555	238
11	577	1598	80	1608	611	1593	564	1594	220	1582	207	284
12	573	1602	62	1612	606	1597	564	1593	221	1554	436	282
13	574	1596	78	1611	575	1428	578	1586	227	1524	576	281
14	561	1568	85	1592	591	1598	583	1590	185	1517	558	264
15	549	1588	92	1601	613	1589	573	1585	189	1543	565	210
16	571	1602	90	1593	602	1598	541	1518	208	1417	559	193
17	344	1605	113	1602	570	1545	556	1365	184	1186	573	176
18	265	1572	211	1572	365	1549	648	1273	185	939	564	162
19	356	1600	232	1574	490	1590	667	1388	188	1096	539	153
20	155	1612	278	1573	591	1594	576	1346	198	1106	570	137
21	154	1604	330	1579	593	1589	570	1899	184	1106	549	206
22	240	1613	334	1601	597	1590	543	1390	194	1400	562	203
23	359	1596	461	1605	625	1582	514	1409	231	1369	563	196
24	160	1606	513	1592	530	1595	576	1384	330	1362	578	179
25	157	1602	561	1594	650	1596	532	1386	314	1306	543	177
26	357	1608	529	1589	613	1582	574	1428	216	1287	562	168
27	256	1614	564	1590	528	1587	599	1440	32	1219	573	195
28	155	1602	599	1613	542	1596	613	1398	366	1406	579	434
29	244	1607	—	1600	619	1585	599	1478	376	1382	586	581
30	164	1509	—	—	535	1547	584	1409	378	1573	545	373
31	74	1584	—	—	608	1567	—	—	405	1315	—	—
	11822	48955	6562	46383	18006	48980	16942	44650	10758	43851	15745	17794

Datum	Srpanj		Kolovoz		Rujan		Listopad		Studeni		Prosinac	
	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960	1939	1960
1	539	345	465	451	339	1282	368	1514	543	1500	588	1578
2	510	267	453	432	347	1273	397	1475	273	1518	608	1581
3	531	268	452	407	307	1247	386	1367	343	1524	583	1575
4	549	246	466	358	338	1120	387	1345	472	1500	489	1580
5	543	237	455	393	326	1255	389	1318	456	1516	644	1572
6	578	207	430	586	319	1251	399	1309	430	1533	324	1572
7	580	174	458	997	357	1316	337	1326	462	1516	651	1562
8	550	163	446	1021	233	1201	329	1534	558	1527	639	1552
9	547	220	403	1283	387	1237	409	1528	582	1523	635	1462
10	548	237	334	1213	314	1304	198	1454	590	1501	568	1578
11	563	333	415	1296	284	1229	433	1513	567	1502	630	1522
12	549	216	405	1259	457	1240	418	1367	546	1511	621	1566
13	563	418	397	1251	226	1312	420	1340	579	1625	627	1565
14	567	332	397	1152	250	1363	417	1254	564	1549	630	1554
15	586	375	395	1270	226	1374	387	1339	578	1550	667	1573
16	560	295	396	1266	222	1356	409	1395	614	1562	606	1572
17	566	301	378	1199	241	1360	456	1400	585	1572	568	1560
18	577	312	371	892	350	1347	274	1524	583	1483	589	1555
19	574	297	359	1177	388	1341	480	1546	562	1576	613	1571
20	569	306	361	949	406	1438	501	1497	596	1569	634	1571
21	569	391	358	1263	398	1536	566	1481	610	1580	626	1563
22	560	484	318	1248	395	1463	521	1511	597	1579	615	1560
23	525	449	264	1233	381	1496	526	1548	590	1581	520	1546
24	556	327	232	1214	362	1373	535	1526	596	1576	160	1543
25	558	304	272	1157	607	1401	557	1526	588	1581	161	1542
26	564	453	264	1231	434	1510	538	1374	573	1600	251	1490
27	532	432	240	1196	427	1330	575	1483	599	1587	552	1548
28	531	436	280	1310	424	1251	403	1535	538	1586	563	1545
29	515	480	280	1267	417	1472	329	1518	616	1565	588	1552
30	495	446	244	1298	493	1517	618	1213	678	993	566	1590
31	391	457	272	1302	—	—	598	1362	—	—	552	1552
	16945	10208	11260	32567	10655	40203	13560	44422	16408	45285	16970	48262

Ukupna proizvodnja u 1939 MWh 165571

Ukupna proizvodnja u 1960 MWh 471559

Ekonomski pokazatelji za period 1954. do 1960.

Godina	Bruto-produkt po završnom računu	Proizvodnja na pragu elektrane u MWh	Cijena koštanja	Prosječan broj zaposlenih	Isplaćeni osobni dohoci u neto iznosu	Doprinos iz dohodaka Federaciji i Republici	Doprinos za soc. osig.	Doprinos stambenom fondu	Doprinos budžetu iz osobnog dohotka
	000 Din		Din/kWh		000 Din	000 Din	000 Dio	000 Din	000 Din
1954	170,485	248.847	0,68	86	10,909	18,085	4,872	—	—
1955	169,480	296,141	0,57	76	13,241	13,490	5,516	—	—
1956	188,218	296,903	0,63	77	15,132	10,784	5,964	1,513	—
1957	173,895	332,733	0,52	73	15,835	7,691	6,012	1,583	—
1958	215,415	323,521	0,66	77	23,718	49,035	8,000	2,333	5,342
1959	251,835	421,803	0,59	74	25,950	63,926	9,650	2,506	4,622
1960	235,093	471,041	0,50	71	26,712	59,265	9,317	1,686	5,599
Ukupno	1,404,421	2,390.989	0,59	76	131,497	222,276	49,431	9,621	15,555

Proizvodnja HE Kraljevac od 1930. do 1961.

God.	MWh	God.	MWh	God.	MWh
1930	98,124	1940	137,227	1950	212,379
1931	67,324	1941	79,790	1951	246,266
1932	87,709	1942	99,308	1952	262,357
1933	89,639	1943	210	1953	268,923
1934	120,642	1944	354	1954	249.398
1935	99,627	1945	25,249	1955	296,415
1936	130,585	1946	70,248	1956	297,793
1937	159,584	1947	93,029	1957	334,302
1938	157,098	1948	182,273	1958	325,802
1939	165,571	1949	199,163	1959	422,239
				1960	471,559
				1961	358,651

Pregled rada generatora u satima

1958 — 1960.

Godina	Generator br.	U pogonu	Remont i rezerva	Ukupno sati
1958	I	8.064	696	8.760
	II	7.588	1.172	8.760
	III	6.136	2.624	8.760
	IV	7.138	1.622	8.760
1959	I	8.520	240	8.760
	II	8.320	440	8.760
	III	8.364	396	8.760
	IV	8.344	416	8.760
1960	I	8.501	283	8.784
	II	8.477	307	8.784
	III	8.171	613	8.784
	IV	8.647	137	8.784

Karakteristični podaci za HE »Kraljevac« za godinu 1958-1960.

Godina 1958.

Protok vode iznad 80 m³/sek	138 dana
Protok vode ispod 80 m³/sek	227 dana
Maksimalna dnevna proizvodnja	1,603,300 kWh
Maksimalno opterećenje	67,8 MW
Ukupna proizvodnja	325,662.800 kWh
Vlastiti potrošak	1,454.800 kWh
Na pragu elektrane	324,348.000 kWh

Godina 1959.

Protok vode iznad 82 m³/sek	140 dana
Protok vode ispod 82 m³/sek	225 dana
Maksimalna dnevna proizvodnja	1,600.900 kWh
Maksimalno opterećenje	67,8 MW
Ukupna proizvodnja	422,239.500 kWh
Vlastiti potrošak	725.994 kWh
Na pragu elektrane	421,513.506 kWh

Godina 1960.

Protok vode iznad 82 m³/sek	203 dana
Protok vode ispod 82 m³/sek	162 dana
Maksimalna dnevna proizvodnja	1,628.100 kWh
Maksimalno opterećenje	68,8 MW
Ukupna proizvodnja	471,559.600 kWh
Vlastiti potrošak	518.455 kWh
Na pragu elektrane	471,041.145 kWh

Pregled fondova kojima je poduzeće raspolagalo od 1954. do 1960.

u 000 Din

Godina	Amortizacija slob. dio	Investiciono održavanje	Fond obrtnih sredstava	Rezervni fond	Fond zajedničke potrošnje	Investicioni fond
1954	34,403	32,029	—	728	4,141	1,759
1955	67,517	44,525	—	1,108	1,825	4,456
1956	87,688	34,446	389	856	1,046	4,963
1957	85,360	30,704	26,839	1,008	1,118	1,089
1958	114,846	33,113	26,929	1,450	7,810	973
1959	104,029	20,924	34,021	2,617	18,000	6,348
1960	93,573	23.762	31,224	3,295	17,755	2,647

Marin Čizmić

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ
ZA MJESECE STUDENI I PROSINAC 1961.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 1961.	150449	13391	1722	16509	188	282	152359	30182	31598	26001	— 14653	225487
2. 1961.	105089	20389	1301	16862	180	206	106570	37457	52594	5440	— 1598	200463
3. 1961.	70737	17771	1049	15856	197	222	71983	33849	71635	42452	— 9563	210356
4. 1961.	61363	15624	1041	14625	158	216	62562	30465	73910	38684	— 8439	197182
5. 1961.	58448	15824	1499	15054	175	75	60122	30953	57128	59239	— 7848	199958
6. 1961.	46121	14002	1251	16799	173	72	47545	30873	75602	47506	— 4420	197106
7. 1961.	57453	28403	857	14120	173	—	58483	42523	80076	20306	— 2881	198507
8. 1961.	72029	31357	442	17061	163	—	72634	48418	78747	—2367	139	197571
9. 1961.	78132	39827	244	19676	109	—	78485	59503	66923	—2444	— 1507	200960
10. 1961.	102605	31949	740	22180	133	—	103478	54129	69343	—5730	— 3351	217869
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	48720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150575	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece studeni i prosinac 1961.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks [1]			Iskorišćenje % [2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	79,0	22547	17388	128173	90,0	58,5	73,1	40,0	30,0	—	—
		Gojak	48,0	26869	16977	150693	77,7	47,6	54,6	75,0	49,4	—	—
		Ozalj	5,1	2169	2572	19437	58,3	80,6	71,1	52,6	54,0	—	—
		Kraljevac	62,0	36163	37976	365791	79,6	78,5	77,5	82,0	89,0	—	—
		Peruća	42,0	698	7455	107529	5,7	32,2	252,2	2,3	24,8	—	—
		Manojlovac	24,0	11883	13323	107021	91,2	99,3	81,9	68,0	74,0	—	—
		Jaruga	5,5	3755	3953	36305	90,5	95,7	96,8	96,6	98,0	—	—
	TE	Zagreb	17,0	—	473	25753	—	—	82,4	—	2,8	—	6710
		Jertovec	39,0	6089	9037	185014	142,0	210,0	115,9	21,3	30,5	3961	4008
		Vlaška	9,5	286	742	21941	16,8	43,0	86,8	56,7	14,2	5541	4991
		Rijeka	7,0	—	355	11018	—	—	95,6	—	6,8	—	6795
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1316	1404	19582	93,1	110,5	36,3	10,4	10,8	....	....
		Sladorana, Županja	3,6	2273	2462	8478	169,6	177,2	99,8	87,6	92,0	....	....
		Jug. komb., Borovo	6,0	1879	2099	21813	97,2	100,7	95,7	43,4	47,0	....	....
		Željezara, Sisak	5,5	1984	3268	39201	108,2	159,4	111,2	50,0	79,8	....	....

[1] Indeks u ovoj tablici, kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na god. 1960 = 100.

[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece studeni i prosinac 1961.

Elementi energetske bilance	Studeni		Prosinac		Od početka god.		Indeks 1960 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Studeni	Prosinac	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	140507	54,1	161275	53,0	1332745	45,8	96,4	97,2	94,4
Proizvodnja industrijskih elektrana	18445	7,1	19874	6,5	217207	7,5	89,0	95,7	85,8
Proizvodnja lokalnih elektrana	160	0,0	207	0,0	3089	0,1	37,6	42,2	53,3
Ukupna proizvodnja na generatoru	159112	61,2	181356	59,5	1553041	53,4	95,2	97,1	93,0
Nabava el. en. od susjed. zajednica	100688	38,8	122810	40,5	1351956	46,5	139,8	160,0	134,6
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	2605	0,1	—	—	—
Ukupno raspoloživa el. energija	259800	100,0	304166	100,0	2907602	100,0	108,5	115,4	108,5
Vlast. potr. elektrana u sistemu	2256	0,9	2881	0,9	37076	1,2	135,2	111,1	104,0
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1861	0,7	2007	0,7	22030	0,8	88,2	94,4	85,0
Ukupno raspolož. na pragu elektrana	255683	98,4	299278	98,4	2848496	98,0	108,4	115,3	109,0
(Dobava industr. elek. u sistemu)	(677)	(0,3)	(887)	(0,3)	(8002)	(0,3)	(78,7)	(5,6)	(19,7)
(Prag elektrana u sistemu)	(239616)	(92,2)	(282091)	(92,8)	(2658232)	(91,3)	(73,4)	(110,4)	(109,4)
Gubici prijenosa u sistemu	9400	3,6	8583	2,8	135892	4,7	79,8	51,2	103,7
Gubici razvoda u sistemu	20210	7,8	34179	11,2	204405	7,1	108,5	162,9	116,5
Gubici razvoda lokal. elektrana	16	0,0	21	0,0	309	0,0	37,2	42,8	53,2
Ukupna predaja el. energ. potrošačima	226057	87,0	256495	84,4	2507888	86,2	110,3	116,0	108,6
Od toga:									
Predano susjednim zajednicama	19048	7,3	39704	13,1	300567	10,3	93,1	162,0	103,9
Predano inozemstvu	12869	5,0	8223	2,7	77454	2,7	178,3	88,0	82,6
Industrijska vlastita opskrba	15923	6,1	17000	5,6	187484	6,5	89,5	627,0	100,1
Lokalna opskrba	128	0,0	165	0,0	2471	0,1	37,8	42,1	53,2
Potrošači u sistemu	178089	68,6	191403	63,0	1939912	66,6	111,9	104,0	111,9
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % — Kućanstva (domaćinstva)	43387	24,4	43947	23,0	457406	23,6	121,5	116,7	116,0
Rasvjeta poslovnih prostorija	5856	3,3	7146	3,8	63465	3,3	111,0	113,8	113,0
Rasvjeta društvenih prostorija	1238	0,7	1591	0,8	13122	0,7	105,3	119,4	110,9
Motori i aparati	6678	3,7	7340	3,8	76331	3,9	117,2	115,7	116,3
Poljoprivredni motori	860	0,5	949	0,5	9291	0,5	114,4	106,4	101,7
Javna rasvjeta	3273	1,8	3452	1,8	32080	1,6	119,0	115,1	122,1
Preprodavaoci	1351	0,8	1165	0,6	13201	0,7	101,3	80,0	93,3
Ukupna potrošnja na malo	62643	35,2	65590	34,3	664896	34,3	119,0	115,1	115,0
Vodovod	4272	2,4	4623	2,4	51988	2,7	111,0	118,0	104,5
Gradska električna vuča	1875	1,1	2168	1,1	21994	1,1	108,9	117,1	113,5
Ukupna komunalna velepotrošnja	6147	3,5	6791	3,5	73982	3,8	110,2	117,6	107,1
Ugljenokopi	6623	3,7	7182	3,8	78806	4,1	91,1	91,1	95,7
Tvornice cementa	7568	4,2	8047	4,2	97630	5,0	91,9	97,7	104,2
Ostala opća velepotrošnja	47131	26,5	49436	25,8	498655	25,7	118,6	107,5	112,6
kod elektrokemije	(1044)	(0,6)	(1146)	(0,6)	(12236)	(0,6)	(94,6)	(98,5)	(160,0)
kod elektrometalurgije	(1615)	(0,9)	(1693)	(0,9)	(19763)	(1,0)	(96,7)	(97,0)	(93,5)
kod ostalih	(44472)	(25,0)	(46597)	(24,3)	(466656)	(24,1)	(120,3)	(108,4)	(112,8)
Ukupna ostala velepotrošnja	61322	34,4	64665	33,8	675091	34,8	111,0	104,2	109,2
Karbid	13173	7,4	13934	7,3	122325	6,3	102,9	103,9	99,2
Aluminij	14539	8,2	15853	8,3	166033	8,6	118,7	126,7	129,0
Ostala elektrokemija	3124	1,7	3547	1,8	39480	2,0	89,5	24,1	111,2
(Ukupno elektrokemija)	(30836)	(17,3)	(33334)	(17,4)	(327838)	(16,9)	(108,0)	(82,2)	(114,0)
Ferolegure el. metalurgije	11738	6,6	15063	7,9	123611	6,4	98,2	120,1	100,3
Elektrotoplina	2706	1,5	2885	1,5	36708	1,9	75,6	97,0	107,3
Željeznička električna vuča	2510	1,4	2962	1,5	35980	1,8	122,3	107,4	173,7
Melioracije	187	0,1	113	0,1	1806	0,1	53,5	26,7	69,1
Ukupna specijalna velepotrošnja	47977	26,9	54357	28,4	525943	27,1	105,0	91,7	112,1

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1961.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	11. 1961.	811	556	246	134	6	71	115	165	82	122	38	29	4	44	1
	12. 1961.	892	569	323	150	11	59	132	143	126	135	49	35	4	47	1
Indeks na bazi	11. 1960.	109	63	199	95	105	63	199	86	579	105	210	112	106	166	126
	12. 1960.	115	89	234	94	180	57	155	76	552	95	208	136	2173	244	156

Proizvodnja ugljena za mjesece studeni i prosinac 1961.

Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

	Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1960 = 100		
		Studeni	Prosinac	Od početka godine	Studeni	Prosinac	Od početka godine
	a	1	2	3	4	5	6
	Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	70920	79830	831740	118,4	155,6	103,7
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	5324	6469	70630	102,7	108,7	93,7
	Rudnik Pregrada	5590	5733	60055	142,4	113,5	110,6
	Ostali	3554	2930	47988	100,2	60,6	101,2
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	11503	13854	172618	77,1	85,5	91,5
	Dalmacija: Rudnik Siverić	9572	9833	114487	100,9	99,6	94,5
	Ostali	800	700	8659	181,8	116,5	114,0
	Ostala područja	3243	2156	45255	84,9	57,7	106,2
	Ukupno mrki	39586	41675	520052	95,8	90,1	96,8
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-ladanjski ugljen.	28782	32926	386013	90,9	90,4	96,7
	Konjščinski ugljenokopi	18726	17830	307236	73,6	65,0	100,6
	Stubički ugljenokopi	10536	11695	120028	69,6	65,0	68,1
	Ostali	2270	1989	24962	97,6	80,5	109,3
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	7006	7648	96485	74,0	72,4	81,7
	Križevački ugljenokopi	3070	3081	38594	71,1	61,6	62,0
	Ostali	7234	7405	87097	99,4	92,3	91,2
	Ostala područja	860	200	9597	71,5	16,2	69,6
	Ukupno lignit	78484	82774	1070011	81,1	75,8	89,5
	Ukupno sve vrste ugljena	188990	204270	2421803	95,4	98,8	95,5

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1961.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	11. 1961.	1925	108	746	1071	570	189	387	754	1,2	24,0	90	1,4
	12. 1961.	2089	117	805	1167	603	204	448	810	0,9	23,2	94	1,6
Indeks na bazi	11. 1960.	103	107	95	109	112	95	99	101	133	100	101	100
	12. 1960.	104	118	94	111	108	99	111	100	82	94	101	99

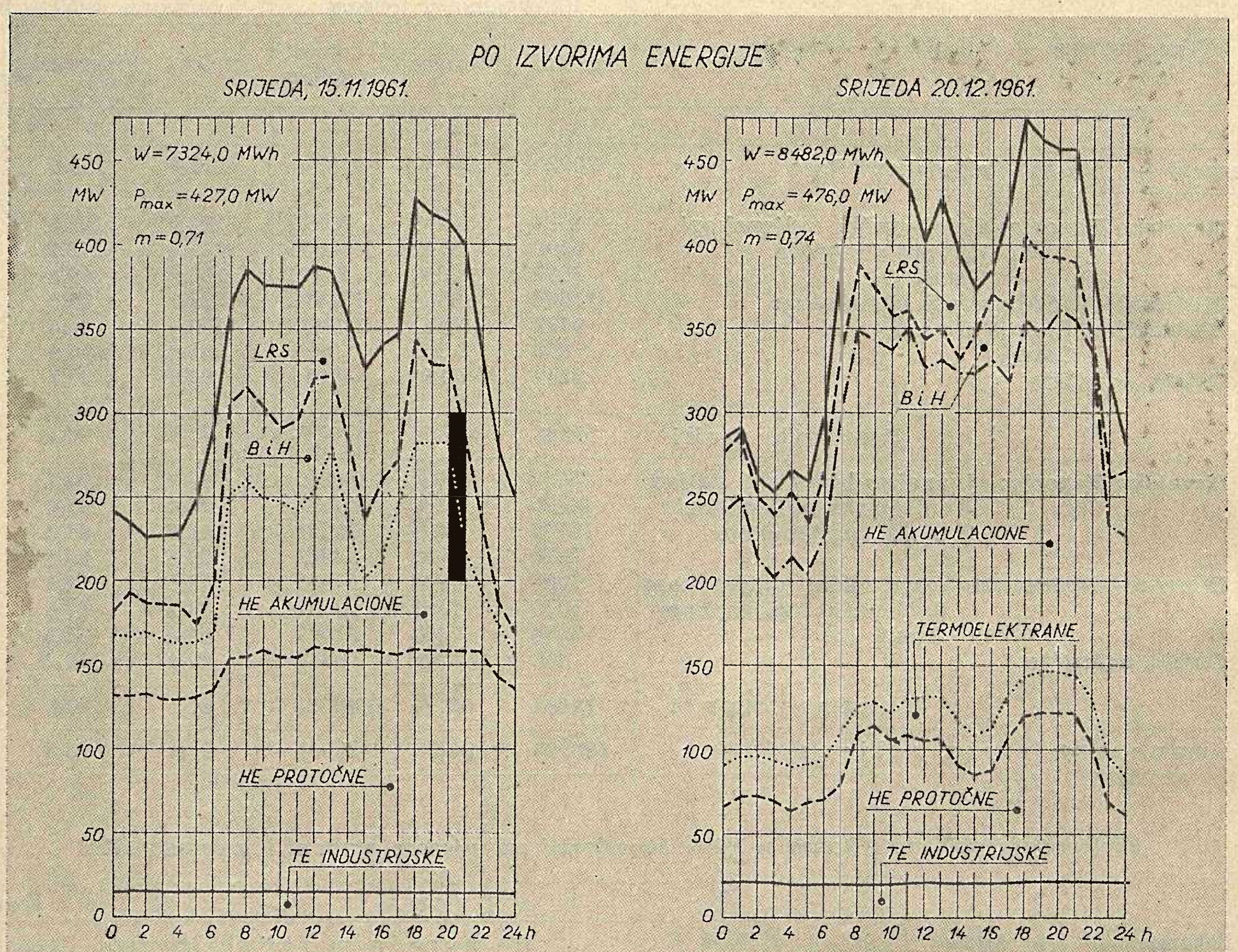
Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1961.

Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čad
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	11. 1961.	112101	5980	92311	22435	374	4013	30465	5510	329
	12. 1961.	116844	7448	128469	24927	839	3843	31031	4997	339
Indeks na bazi	11. 1960.	106	134	80	86	34	74	107	130	102
	12. 1960.	114	115	107	98	83	72	103	106	97

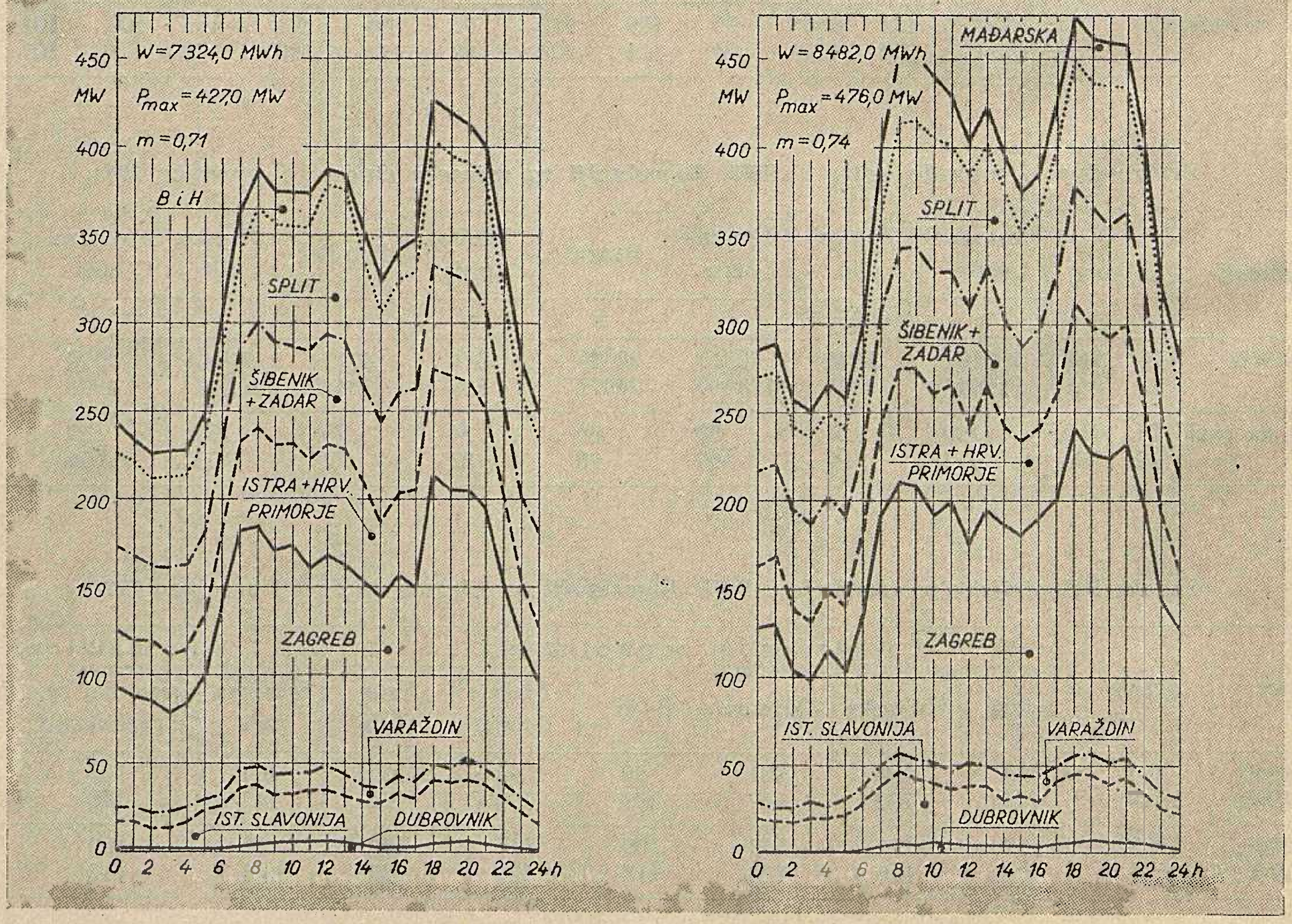
Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece studeni i prosinac 1961.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
11. 1960.	104	106	106	101	99	94	125	104	100	110
12. 1960.	119	125	122	117	109	101	131	143	108	123
11. 1961.	112	117	112	105	109	117	153	112	109	120
12. 1961.	120	123	118	116	118	123	158	143	112	120

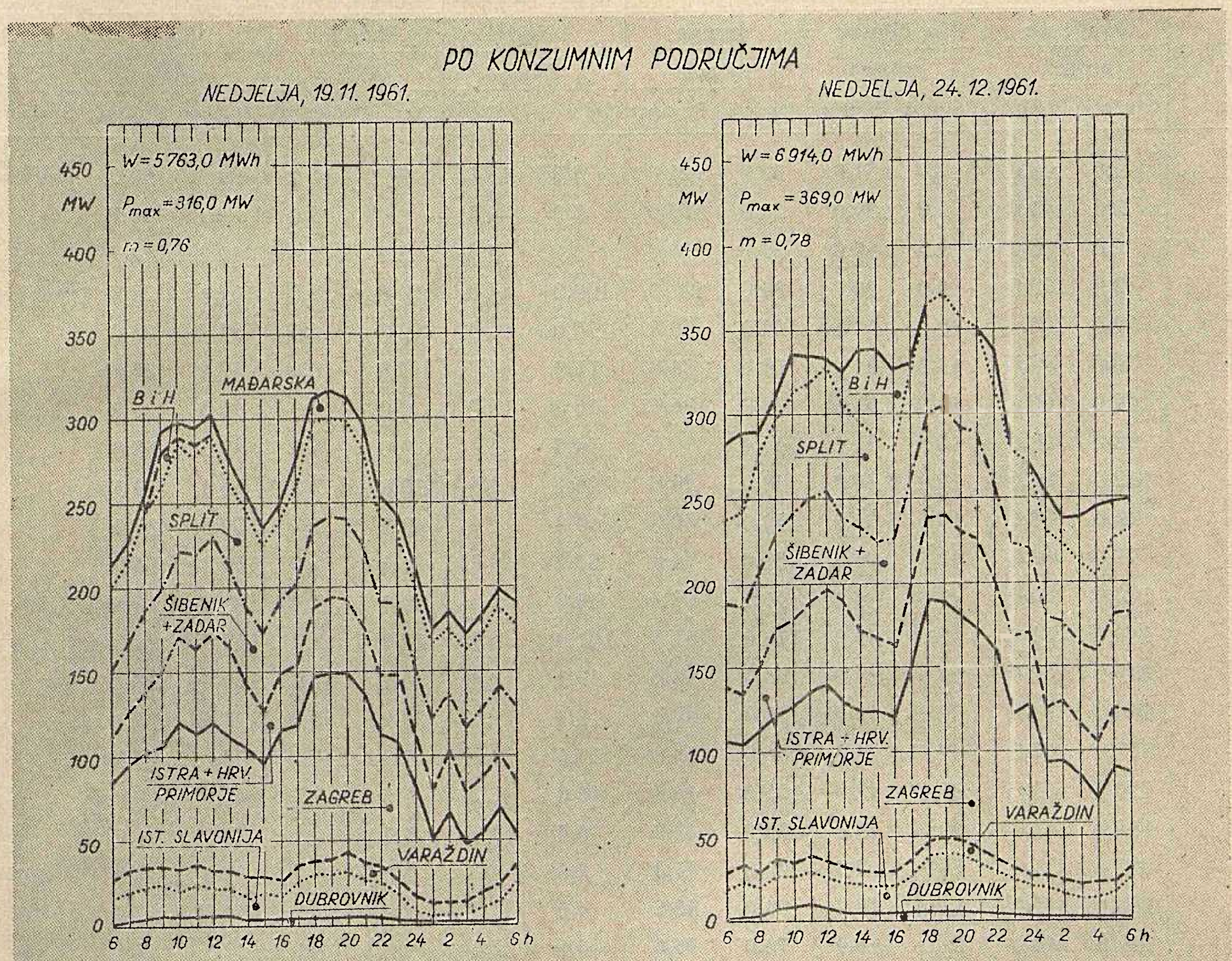
PO IZVORIMA ENERGIJE

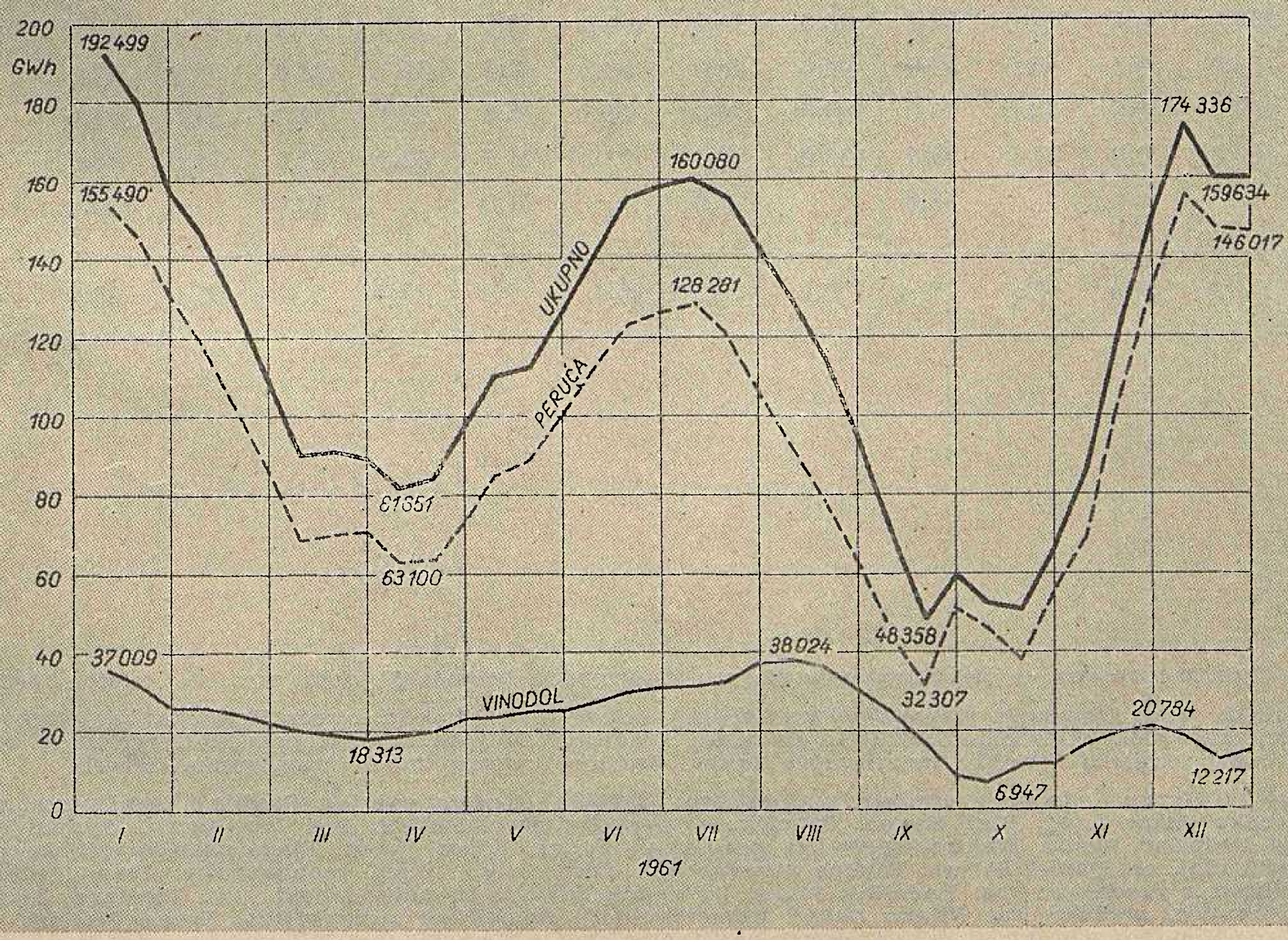


PO KONZUMNIM PODRUČJIMA



TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 19. 11. i 24. 12. 1961.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA





Srednji dnevni protoci vode za mjesece studeni i prosinac 1961.

Datum	Cetina		Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežnica-Dobra		Kupa	
	Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	m³/sek		m³/sek		m³/sek		MW		MW		MW		MW	
	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac	Studeni	Prosinac
1	2,0	139,0	9,0	51,0	30,0	121,0	6,8	13,8	7,9	16,2	34,3	56;0	preljev	4,0
2	2,0	141,0	9,0	39,0	28,6	107,0	5,2	9,0	9,7	12,0	27,1	46,7	„	4,6
3	2,0	95,6	9,5	39,0	25,0	96,0	3,7	5,5	5,8	9,6	19,0	42,7	2,4	4,6
4	2,0	120,0	9,0	38,0	24,0	100,0	100,0	4,0	54,0	8,0	65,0	28,7	preljev	4,8
5	32,0	106,0	10,0	34,0	24,0	90,0	30,0	2,8	22,8	6,5	84,7	23,2	„	4,1
6	70,0	92,0	13,0	31,0	39,6	84,0	11,3	4,7	15,8	8,0	47,8	26,5	„	4,0
7	66,0	68,0	15,0	57,0	45,0	96,0	13,2	5,0	8,0	7,0	42,3	26,2	„	preljev
8	98,0	78,0	16,5	51,0	46,4	96,0	14,5	3,9	9,0	6,0	43,5	55,8	„	„
9	112,0	81,0	17,0	36,0	48,0	90,0	26,1	3,5	30,8	5,2	56,4	19,3	„	„
10	92,0	78,0	19,0	33,0	50,0	80,0	60,4	0,6	40,1	5,6	139,3	15,6	„	4,4
11	92,0	67,5	27,0	28,0	52,0	74,0	50,2	3,2	24,2	5,6	139,3	14,9	„	4,0
12	120,0	66,0	23,0	24,0	56,0	68,0	26,0	2,6	20,0	5,1	98,3	22,5	„	3,5
13	148,0	61,4	62,0	23,0	118,0	61,5	101,0	3,7	40,0	5,2	167,5	24,7	„	4,1
14	248,0	62,0	64,0	23,0	186,0	54,0	37,3	2,3	20,2	4,8	129,2	23,7	„	4,7
15	189,0	60,0	57,0	23,0	174,0	50,0	17,4	1,6	23,9	3,2	74,4	19,8	„	3,8
16	161,0	62,0	47,0	23,0	146,0	48,0	15,6	0,7	9,2	1,2	53,0	16,3	„	3,1
17	130,0	61,0	35,0	22,0	125,0	46,4	10,0	1,2	6,5	2,5	48,0	13,7	„	3,0
18	119,0	63,0	30,0	19,0	105,0	43,0	6,6	0,6	5,2	1,2	43,0	10,6	„	3,0
19	121,0	51,0	24,0	17,7	96,0	41,3	2,0	—	5,8	—	37,3	7,9	4,6	2,7
20	100,0	45,0	22,0	18,0	84,0	40,0	4,0	2,7	2,0	5,1	34,0	7,8	4,0	2,1
21	129,0	44,0	22,0	16,9	74,0	36,0	6,1	2,0	2,0	5,1	27,3	7,1	3,0	2,0
22	117,0	41,0	21,0	16,0	65,0	35,0	3,0	0,4	0,7	2,9	19,5	7,1	3,0	2,0
23	95,7	41,0	19,0	16,0	59,0	35,0	2,0	0,8	0,9	2,9	15,5	6,0	2,5	1,8
24	88,0	20,0	54,0	16,0	19,0	35,0	1,5	1,8	0,5	2,3	11,8	6,5	2,9	1,5
25	209,0	35,0	18,0	15,0	53,0	32,0	2,3	—	1,8	0,3	9,0	5,3	1,7	1,3
26	262,0	41,0	21,5	15,0	71,0	31,0	10,6	1,5	10,4	3,2	8,4	4,7	1,9	1,1
27	201,0	46,6	22,0	32,8	80,0	31,0	100,0	9,0	58,0	22,2	18,1	16,0	preljev	1,1
28	183,0	66,0	36,0	45,0	94,0	46,0	60,2	27,3	32,1	22,0	56,3	40,4	„	5,0
29	202,0	78,0	64,0	50,0	135,0	70,0	22,3	36,5	12,1	32,0	58,0	65,6	„	5,0
30	180,0	70,0	64,0	45,0	132,0	77,0	13,1	21,7	42,8	33,9	76,0	78,8	„	4,3
31		70,0		37,0		77,0		51,0		57,3		129,0		4,0
Mjesečni prosjek	119,1	69,4	28,7	30,1	76,2	64,2	25,4	7,2	17,4	9,7	56,1	28,0	0,9	3,0

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić*, glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat*, tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač*, direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes*, direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Miroslav *Balling*, ing. Zdenko *Sakar* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Feöcze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 11 (1962) **energija** BROJ 3 — 4

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA
HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

JOŠ JEDNO VELIKO DOSTIGNUĆE

Elektroprivreda naše zemlje postigla je novi važan uspjeh u svome snažnome razvoju. Elektroenergetski gigant hidroelektrana Split puštena je u pogon i električna energija proizvedena vodnim snagama Dalmacije teče novo izgrađenom dalekovodnom magistralom Split—Zagreb u srce Hrvatske i dalje u sjeverozapadne dijelove naše domovine. Energetsko povezivanje dalmatinskog i alpskog sliva postalo je stvarnost.

Poslijeratna izgradnja naše zemlje zahtijevala je sve veće i veće količine električne energije. Manjak se osjećao naročito na području NR Hrvatske, koja je zbog toga, kroz proteklih deset godina, morala uvoziti iz elektrana susjednih područja 30 do 40% svojih ukupnih potreba.

U takovim prilikama bilo je nužno obratiti specijalnu pažnju mogućnostima iskorištenja prirodnih izvora električne energije, u prvom redu vodotoka na područjima velike potrošnje. Jedan od najznačajnijih vodotoka je svakako rijeka Cetina, pa su na njoj i vršeni prvi istražni radovi, koji su kao rezultat imali: izgradnju Peruće i sada HE Split, s proizvodnjom od preko milijardu i po kWh godišnje.

Specifičnost kraškog terena zahtijevala je opsežne i temeljite istražne radove i brižnu obradu projekata. Unatoč skepsi, koja je vladala u mnogim stručnim krugovima u inozemstvu, danas možemo konstatirati, da su svi problemi uspješno riješeni. To je prvi slučaj u svijetu, da je ostvarena ovakva gradnja na kraškom terenu, pa su se naša građevinska poduzeća i njihovi radnici ovdje suočili s mnogim iznenađenjima i vrlo složenim problemima. Tu je bilo borbe s podzemnom vodom, s nesigurnim pećinama i uloščima mekanog materijala kod velikih iskopa. Naši su graditelji, međutim, sve to uspješno svladali, stekavši ujedno neprocjenjiva iskustva na radovima ovakove vrsti. Ta će se bogata iskustva koristiti, a već se u punoj mjeri i koriste na novim objektima HE Dubrovnik i HE Senj, kamo je prešao velik broj iskusnog stručnog kadra i kompletnih poduzeća.

Značajno dostignuće na ovom objektu je i izrada opreme. Električni generatori od 108 MW, izrađeni u Tvornici »Rade Končar«, potpuno su domaće konstrukcije i predstavljaju vrhunske jedinice ove vrste i u svjetskim razmjerima. Osim toga ovaj će objekt omogućiti domaćoj elektro-industriji, da uz početnu pomoć vanjskih tvornica, ovlada i izgradnjom velikih transformatora za najviši napon od 220 kV. To vrijedi i za turbine »Litostroja«, koje su izvedene uz suradnju inozemne tvornice.

Puštanje u pogon HE Split uvjetovalo je i izgradnju prijenosnog dalekovoda najvećeg napona. Stavljanjem u pogon 220 kV voda Split—Mraclin izvršio je radni kolektiv poduzeća »Dalekovod« časno svoj zadatak, pri čemu su izradu stupova izvršila poduzeća »Energoinvest« Sarajevo i »Ante Jović« Split, a aluminijsko čelične vodiče tvornica »Impol« Slovenska Bistrica.

Uspješna koordinacija radova većeg broja poduzeća na raznim gradilištima, što je zasluga investitora, doprinijela je, da su se radovi odvijali po programu, pa se je i objekt mogao staviti u pogon gotovo godinu dana prije određenog roka.

Stečena iskustva i postignuti rezultati s obzirom na troškove i rok izgradnje ove elektrane omogućuju također, da se kod izbora izgradnje novih energetskih objekata, odluke donose na temelju objektivnih kriterija po kojima se može bolje uspoređivati opravdanost podizanja pojedinih hidroelektrana ili termoelektrana.

Zadovoljstvo mi je, što mogu ovom prilikom u ime cijele elektroprivrede Hrvatske izraziti punu zahvalnost svim učesnicima ovih velikih i značajnih pothvata.

GLAVNI DIREKTOR
ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

MILOŠ DAMJANIĆ

PRORADILA JE HIDROELEKTRANA SPLIT — NAJVEĆA HIDROELEKTRANA U JUGOSLAVIJI

Elektranu je pustio u pogon predsjednik Republike Josip Broz Tito

U nedjelju, 6. svibnja 1962. u 9 sati proradila je hidroelektrana Split, danas najveća hidroelektrana u Jugoslaviji.

Četiri je pune godine odzvanjala klancima i kanjonima Cetine na gradilištima u Zakučcu, Gatima, Prančevićima i Radovićima, zaglušna buka. Dvije tisuće graditelja iz cijele zemlje rovalo je, bušilo i probijalo kameni masiv Mosora, krotilo i obuzdavalo nemirne vode Cetine, da ih konačno ukroćene, pripitomljene i poslušne povede novim koritom kroz deset kilometara dugi tunel probijen kroz samo srce planine.

Jedva nas nešto više od godine dana dijeli od trenutka kada je, u petak 25. studenoga 1960. u 13 sati, puštena u pogon, nedaleko Sinja, hidroelektrana Peruća. Tamo su naši graditelji prošli napornu i tešku školu, punu samoprijegora i upornosti. Tamo je prvi put zaustavljena Cetina i stvoreno »čudo u kršu«, kako strani stručnjaci nazvaše ogromno akumulaciono jezero sa 540 milijuna kubičnih metara vode.

A danas, jedva tridesetak kilometara nizvodno od Peruće, 150 m duga i 35 m visoka betonska brana, ponovno je zadržala vode Cetine i skrenula ih u naš najveći hidroenergetski objekt, hidroelektranu Split.

Važnost toga objekta za privredu čitave Jugoslavije najbolje potvrđuje činjenica, da je taj naš »gigant pod Mosorom«, pustio u pogon sam predsjednik Republike Josip Broz TITO.

***

U nedjelju šestoga svibnja 1962. predsjednik Tito, u pratnji predsjednika Sabora NR Hrvatske Vladimira Bakarića i velikog broja najviših državnih rukovodilaca nakon pozdrava predstavnika graditelja, direktora »Dalmatinskih elektrana«, Mire Šegvića i predsjednika Odbora za privredu Izvršnog vijeća NR Hrvatske Milutina Baltića, okrenuo je na komandnoj ploči u podzemnoj strojarnici dva koluta. U tom su se času pokrenule turbine, zabrujali generatori, a električna energija potekla u mrežu... Da pokreće strojeve, da stvara nove proizvode, da poboljšava i uljepšava život milijuna i milijuna naših radnih ljudi...

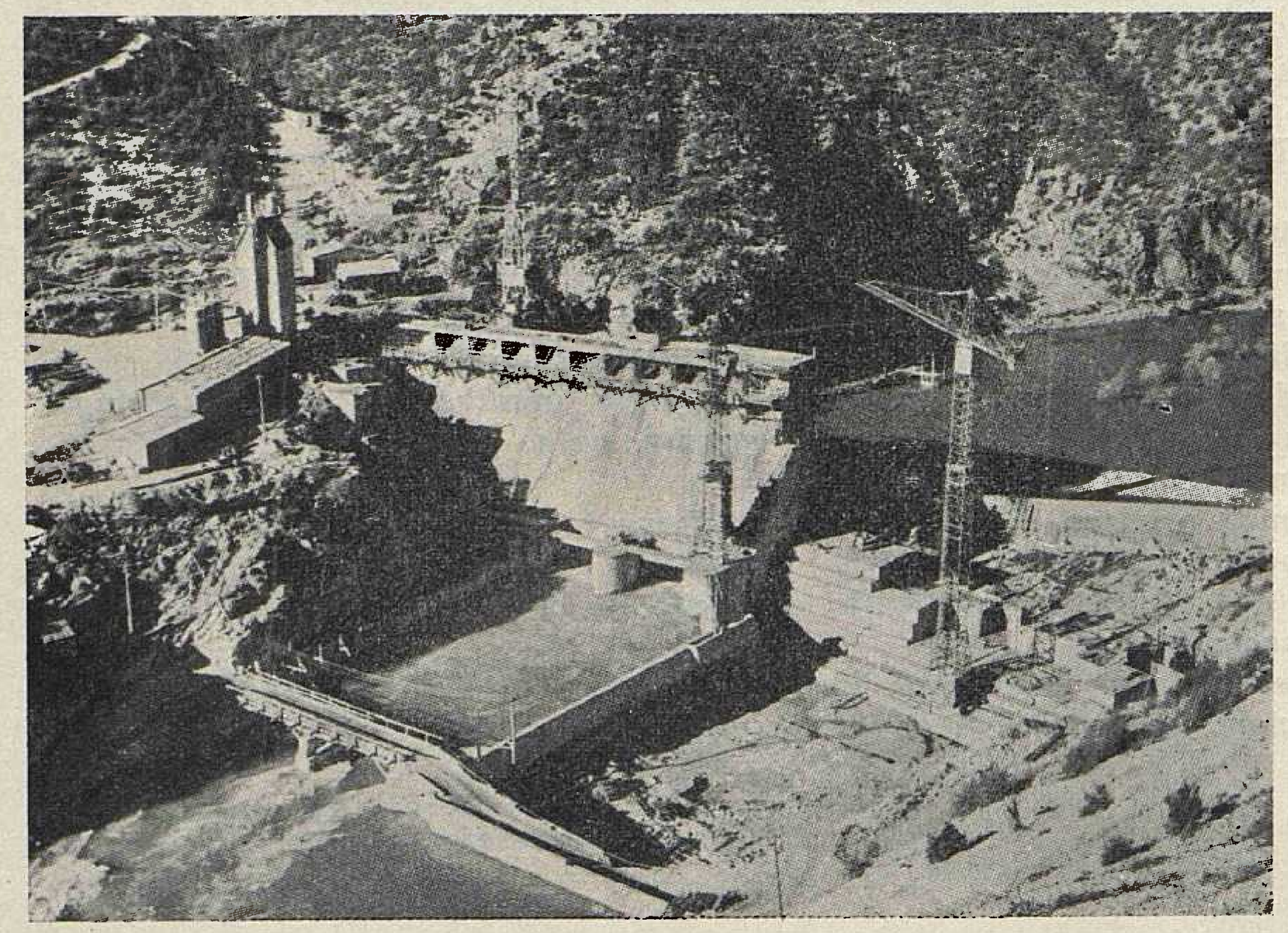
***

Puštanjem u pogon dvaju agregata Hidroelektrane Split dovršena je prva etapa izgradnje sliva Cetine

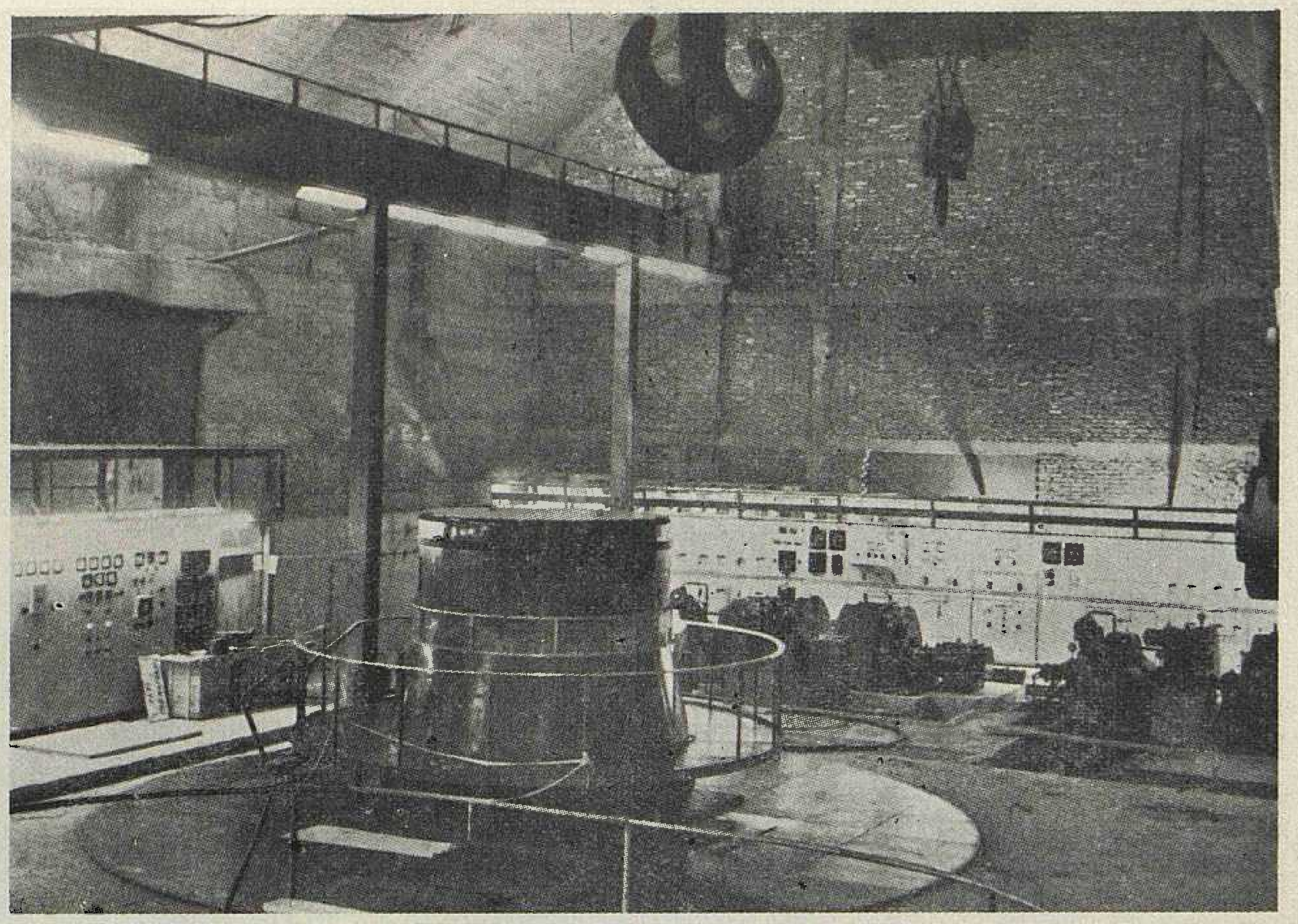
(Izlaganje Mire Šegvića u pozdravnom govoru drugu Titu)

Direktor »Dalmatinskih hidroelektrana« Miro Šegvić nakon što je pozdravio Predsjednika Republike i druge visoke državne funkcionere, te nakon što je minutom šutnje odana počast četrnaestorici drugova, koji su svoje živote uzidali u temelje ove elektrane, rekao je, među ostalim, slijedeće:

Radi usklađenja energetske bilance i pokrića deficita, donesena je u augustu 1957. godine odluka o izgradnji HE Split, s time da ona bude puštena u pogon 1. augusta 1962.



Gradnja brane Prančevići



HE Split — dio strojarnice s generatorom 120 MVA

Izgradnja HE »Split« u navedenom roku predstavljala je složen i težak zadatak, jer je prema dotadašnjim dostignućima na sličnim objektima, proizlazilo da se mora računati na znatno duži rok izgradnje.

Graditelji HE »Split« vjerovali su u stvaralačke snage radničke klase Jugoslavije, vjerovali su da će naši radni ljudi, uz odgovarajuća sredstva i organizaciju rada, moći ostvariti iste rezultate, čak i bolje od onih koji se ostvaruju danas u tehnički razvijenim zemljama.

S takovim planovima i namjerama započeti su potkraj 1957. godine pripremni, a polovinom 1958. godine glavni radovi.

Izgradnji HE »Split« prišlo se je s opće jugoslavenskog aspekta, što je upravo omogućilo koncentraciju najboljih snaga i odgovarajućih kapaciteta iz čitave zemlje. Tako su ovu elektranu gradila poduzeća i tvornice s područja NR Hrvatske, Slovenije, Srbije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore.

I gradnji se prišlo nakon kvalitetnih projektiranja i studija od punih 6 godina, što je, pored ostaloga, i omogućilo kratak rok izgradnje.

Na osnovu takovih priprema, organizacije i zalaganja, ostvareni su ovi rezultati:

1. Rok izgradnje ne samo da je ostvaren, nego je i skraćen za skoro godinu dana, jer je 1. agregat pušten u pogon 26. VIII, a uključen u mrežu 16. IX 1961., dok je drugi pušten u pogon 29. XII 1961., a uključen u mrežu 1. februara 1962.

Puštanjem elektrane u pogon prije predviđenog roka proizvedeno je već do danas 603 milijuna kWh. Planom je bilo predviđeno da proizvodnja započne tek 1. augusta ove godine, te da se do kraja godine 1962. proizvede svega 339 milijuna kWh, dok će zapravo biti proizvedeno oko 1.300 milijuna kWh, što će predstavljati čistu korist zajednici od 2,88 milijardi dinara.

2. Troškovi izgradnje prema projektu iz 1954. bili su predviđeni na 19 milijardi dinara, dok stvarni troškovi za potpuno dovršenje iznose 21,5 milijarde dinara. Razlika od 2,5 milijarde dinara ne može se smatrati poskupljenjem izgradnje, jer je prosječni porast cijena investicionih radova u razdoblju 1954 — 1962. znatno veći.

3. Cijena koštanja kWh proizvedene energije, na pragu elektrane (bez Peruće) iznosi 1,06 dinara, a prosječna cijena kWh uzimajući u obzir Peruću i Kraljevac, iznosi 1,46 dinara, što je ispod polovice prosječne jugoslavenske cijene.

Složen i težak je bio put do ovih rezultata. Naročite poteškoće predstavljali su građevinski radovi. Morali su se izvesti vrlo komplicirani zahvati, izgraditi pored ostalog tunel i druga podzemna postrojenja u ukupnoj dužini od oko 15 km, što je iziskivalo iskop od oko 1 milijun m^3, pretežno u stijeni Mosora i ugradnju oko 300.000 m^3 betona.

Da bi se to ostvarilo, bilo je potrebno osigurati velike dnevne učinke, i primijeniti savremene metode maksimalnim mehaniziranjem radnog procesa.

Društvena zajednica stavila je na raspolaganje potrebna sredstva, a građevinski radnici, zadivljujućom su upornošću i požrtvovanjem u vrlo kratkom roku ovladali savremenom mehanizacijom i u proizvodnji ostvarili novi kvalitetan skok. To očito ilustriraju rezultati i napredovanja, koja su postignuta, kao npr. iskop tunela s prosječnim dnevnim napredovanjima od 8—10 metara, a betoniranje obloge sa 20 m/dan što je ravno evropskim rezultatima.



Ušće Cetine

Proizvođači opreme izvršili su svoj zadatak i tako opravdali povjerenje, te uspješno svladali i takove objekte koji predstavljaju jedinice do sada jedinstvene i najveće ne samo u Jugoslaviji nego i u nizu razvijenih zemalja kao npr. generatori snage 108 MW u cijelosti konstruirani i proizvedeni u tvornici »Rade Končar«.

Preorijentacijom na domaću opremu, uprkos skepsi i nepovjerenju ponekih faktora, postignuta je ušteda u deviznim sredstvima od 2,3 milijuna dolara, jer je uvoz sveden od predviđenih 55 % na 26 % cjelokupne opreme. I ovdje je došla do izražaja volja i spremnost naših radnih ljudi da s punom vjerom u vlastite snage rješavaju najteže zadatke.

Postignuti rezultati uvelike su ovisili i o pomoći, podršci i suradnji nadležnih državnih i lokalnih organa — istakao je drug Šegvić. Ta pomoć i podrška stalno je ukazivana. A živo su surađivale i ostale organizacije i pojedinci, tako da se može reći da su postignuti uspjesi zapravo rezultat zajedničkih napora svih učesnika u izgradnji ovoga objekta. I nećemo pogriješiti — rekao je drug Šegvić — ako kažemo da bez toga svijesnog napora i jasne perspektive i spoznaje radnih ljudi, da stvaraju za sebe i pokoljenja nove vrijednosti, ne bi bilo moguće postići takove rezultate.

Puštanjem u pogon ovih dvaju agregata dovršena je prva etapa izgradnje sliva Cetine, čija će proizvodnja iznositi oko 1.800 milijuna kilovatsati godišnje, što predstavlja nešto više od 50 % ukupnog energetskog potencijala ove rijeke.

Podaci kojima se već danas raspolaže ukazuju da postoji mogućnost ekonomične izgradnje daljnjih centrala na Cetini i aktiviziranja čitavog sistema sliva Cetine s ukupnom proizvodnjom od preko 3 milijarde kilovatsati uz nisku cijenu koštanja.

Na nama sada leži neposredni zadatak, da dovršimo već započete studije i projekte, nađemo najpovoljnije mogućnosti iskorištenja do sada još neiskorištenih voda i energetskog potencijala rijeke Cetine, kako bi bili spremni da u času kada to ustreba pristupimo njegovoj realizaciji i tako našoj zajednici osiguramo novu i jeftinu energiju.

UZ PUŠTANJE U POGON HIDROELEKTRANE SPLIT

Radoslav Planić, Zagreb

U članku su izneseni karakteristični podaci prve etape gradnje hidroelektrane Split, podaci sliva Cetine, te historijat studija i projektiranja. Uz to je dan i pregled izgradnje objekata, izrade opreme i montaže, te svi osnovni podaci ključnih objekata.

DK 621.311.21

Energetski podaci za I etapu 100 m³/s

Slivno područje	3400	km²	Korisni volumen vlastite akumulacije	4,6	hm³
Godišnja visina taloga	1660	mm	Korisni volumen uzvodne akumulacije	509,3	hm³
Srednji godišnji protok	107,2	m³/s	Relativni godišnji volumen akumulacije	15	%
Protok za instaliranu snagu	100,0	m³/s	Energetska vrijednost uzvodne akumulacije	301,0	GWh
Instalirana snaga	240,0	MVA	Prosječna godina proizvodnje	1575	GWh
Nominalna snaga	216,0	MW	Prosječna godišnja komercijalna proizvodnja	1550,6	GWh
Srednji bruto-pad	267	m	Sušna godišnja komercijalna proizvodnja	1317,5	GWh
Nominalni neto-pad	250.4	m			

Upravo dovršena izgradnja I etape Hidroelektrane Split predstavlja efikasno iskorištenje zahvaćenih i izravnanih voda užeg sliva Cetine.

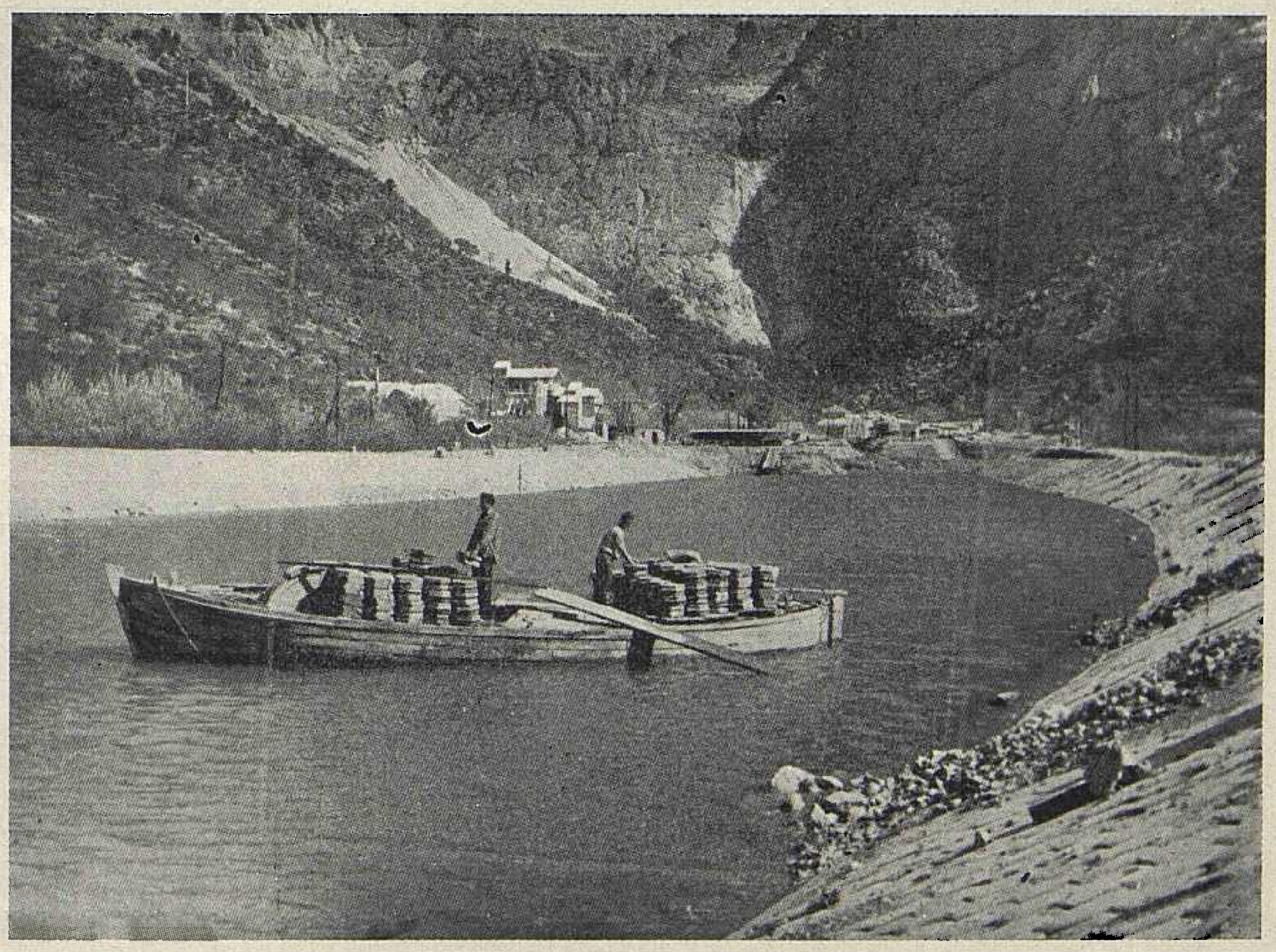
Cetina je rijeka, čije oborinsko područje zahvaća središnji dio Dinarskog gorja. Planine ovog sistema, kojeg se strme padine okomito ruše prema moru, tvore područje, koje spada među najbogatije oborinama. Od rijeka jadranskog sliva, Cetina je među većima. Dužina joj je 105,5 km, s bruto-padom od 381 m. To je tipična krška rijeka bujičnog značaja i jedan od najvećih i — s energetskog gledišta — najvrednijih vodotoka našeg dinarskog krša.

Od neto-potencijala hidroenergije jugoslavenskih vodnih snaga ekonomično iskoristivog od 66,5 milijarda kWh godišnje, vodotok Cetine bio je uziman u obzir na prvom mjestu s godišnjom proizvodnjom od 2250 milijuna kWh godišnje koliko iznosi uži sliv, od čega zimi 1375 milijuna kWh.

Većina naših velikih rijeka, koje predstavljaju značajne hidroenergetske izvore (Neretva, Vardar, Morava, Drina, Vrbas), imaju općenito u gornjem toku veći pad, koji se prema ušću sve više smanjuje i u izvorišnom dijelu relativno male količine vode, koje se povećavaju prema ušću.

Ove karakteristike ne odgovaraju najpovoljnijim uslovima za energetsko iskorištenje: mnogo vode na velikom padu. Rijeka Cetina ima međutim obrnute karakteristike i najpovoljnije uvjete za energetsko iskorištenje, što se vidi iz slijedećeg:

a) Od ukupnog pada, koji od izvora do ušća u more iznosi 381 m, otpada na donji tok 290 m (nizvodno od Sinjskog polja), a na gornji tok svega 91 m.



HE Split — odvodni kanal

b) Srednji protok Cetine kod Peruće iznosi 56 m³/s, a na kraju gornjeg toka 107,5 m³/s, dok je na ušću u more svega 120 m³/s. Pri tom skoro sva razlika od 12 m³/s otpada na velike vode, koje se energetski ne mogu koristiti. Veliko i naglo povećavanje protoka Cetine koncentrirano je dakle na gornji tok.

Ovim karakteristikama treba dodati još jednu povoljnu okolnost, a to je smjer toka i položaj Cetine u odnosu na more. Rješenje energetskog iskorištenja Cetine nameće se dakle samo od sebe: zahvatiti vode nešto ispod okuke nizvodno od Sinjskog polja i — relativno kratkim tunelom — prebaciti ih u smjeru mora.

Niz stručnjaka bavio se tokom nekoliko decenija rijekom Cetinom i tražio najpovoljnije rješenje njenog energetskog iskorišćenja. Od njih treba spomenuti *Macqueta* oko godine 1900. (projekt Zakučac), A. *Ludina* 1913, F. *Baučića* 1919, H. *Tenzera* 1919, A. *Celegina* 1923, J. *Jerića* 1945, i S. *Reštarovića* 1950.

Pogon Hidroelektrane Split bio je 1953. predviđen da povećanjem snage za 175 MW pokrije potrebe energije i snage nakon 1960. Ukupna proizvodnja svih hidroelektrana na području Hrvatske bila je predviđena sa 3 milijarde kWh, od čega za potrebe NR Hrvatske 2,2 milijarde kWh. Proizvodnja hidroenergije bi od toga iznosila 1,7 milijarda kWh ili 79 % ukupnih potreba. Potpuna izgradnja Hidroelektrane Split omogućila bi prijenos zimske energije od 900 milijuna kWh za potrebe drugih privrednih područja i to s konstantnom snagom tokom cijelog dana.

Obilje oborina tokom zime i proljeća, karakteristično za vode jadranskog sliva dopunjuje naime režim alpskih vodotoka, koji je značajan za proizvodnju hidroenergije ne samo na sjeverozapadu Jugoslavije nego i za njene zapadne granične zemlje. Uslijed toga bijaše temeljna misao »Yougelexporta«, da bi povezivanje alpskih i dinarskih energetskih područja dopuštalo izvoz zimske energije iz Jugoslavije pod posebno prihvatljivim uvjetima za obje strane.

Studij izvoza zimske energije pred 6—8 godina potakao je i pridonio da se pospješi izrada projekata izvora i mreže 220 kV za potrebe izravnanja opterećenja i prijenosa energije iz velikih hidroelektrana u konzumna područja zemlje. Samim tim, on je povoljno utjecao na ubrzanje studija i izradu projekata za nizvodnu stepenicu na Cetini.

Glavni interesenti vodoprivrednog rješenja rijeke Cetine i njenog šireg sliva jesu energetika i poljoprivreda. Zahvatom površinskih krških polja sprečava se poniranje, odnosno svodi se na najmanju mjeru. Prikladnim, a ekonomski najpovoljnijim, dovodnim organima trebalo bi provesti zahvaćene vode iz viših horizonata na niže, provodeći energetsko iskorištenje razlike vodnih nivoa od Kupreškog polja do mora tj. od nadmorske visine 1120 m do nule. Zahvat, dovod i energetsko iskorištenje provesti tako da omogućuje melioraciju i natapanje svih onih poljoprivrednih površina, čijem natapanju je dan prioritet. Od akumulacionih jezera za potrebe poljoprivrede i energetike od najvećeg su značaja Buško blato i akumulacija u dolini Cetine. Značaj poljoprivredne proizvodnje je tim veći, što je ona na krškim poljima Bosne krmna baza, a u dalmatinskom dijelu područja baza za proizvodnju industrijskog bilja, ranog povrća i voća.

Energetska vrijednost je od daleko većeg značaja. Sama proizvodnja od cca 2 milijarde kWh godišnje predstavlja ogromnu gospodarsku vrijednost. Ovom visoko vrijednom energijom uštеđuju se znatne investicije za gradnju termoelektrana, koje bi snagom od nekoliko stotina MW služile za pokriće ljetnih manjaka.

Studijem je utvrđeno da je vremenski najbrže rješenje kritičnih energetskih potreba, uz relativno male investicije, izgradnja akumulacije u dolini Cetine i nizvodne stepenice kod ušća Cetine.

Nakon izrade osnovnog projekta akumulacije u dolini Cetine početkom godine 1951. odmah se postavljao zadatak da treba ispod Sinjskog polja zahvatiti akumulacijom izravnane vode Cetine te ih tunelima prebaciti u smjeru ušća kod Omiša, uz energetsko iskorištenje velikog pada.

Osnovni projekt Hidroelektrane Split bio je dovršen 1953. Rješenje o odobrenju izdala je 15. 10. 1953. pod brojem 47701 Komisija za reviziju projekata pri Državnom sekretarijatu za poslove narodne privrede NR Hrvatske.

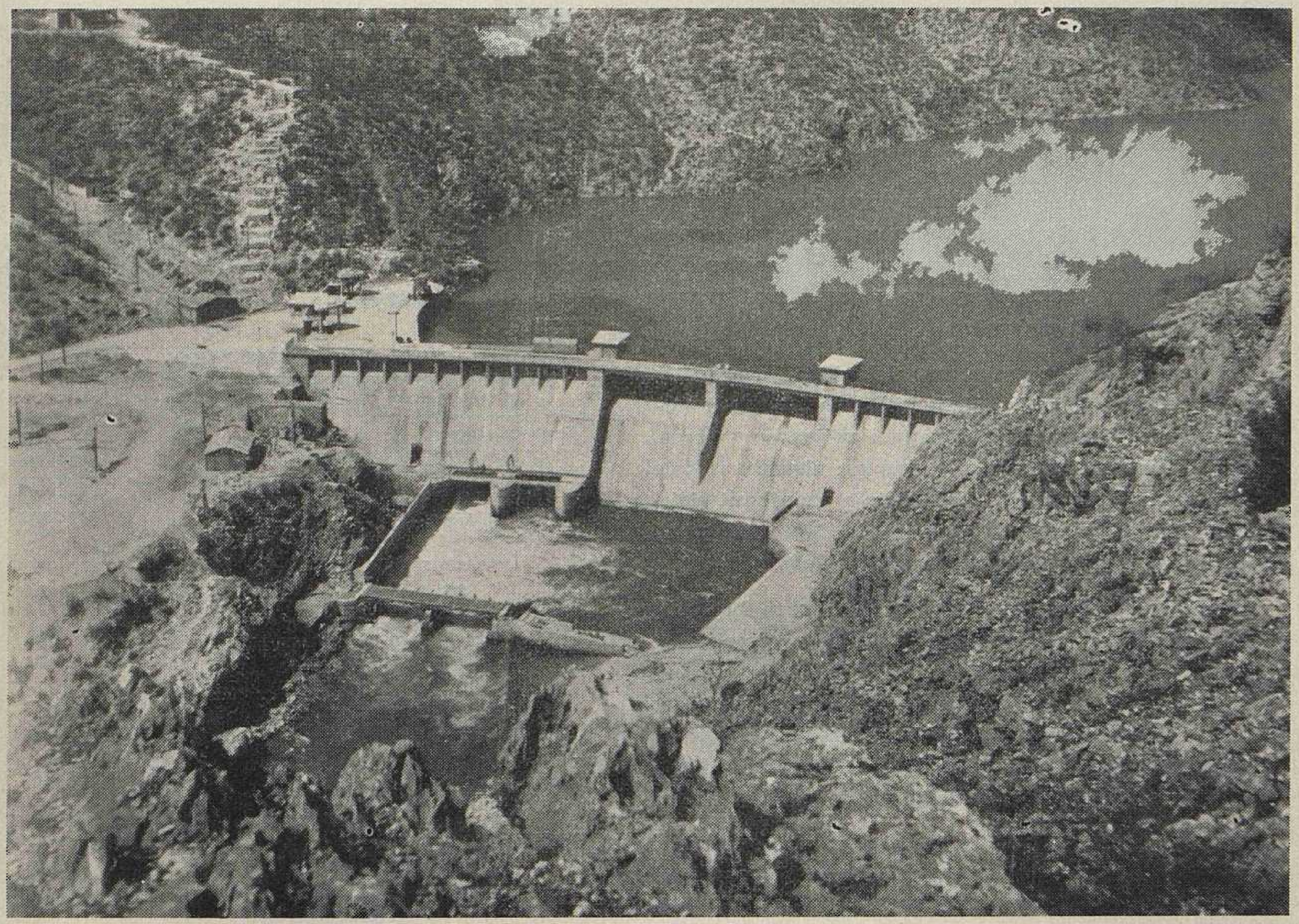
Postojale su dvije glavne varijante derivacije:

u smjeru Solina i
u smjeru ušća Cetine (varijanta Poljica sa 4 podvarijante).

*Elektroenergetska postrojenja šireg sliva Cetine**

Naziv	Instalirana snaga MW	Proizvodnja GWh			
		Sadašnje stanje	Buduće stanje		
			Nakon HE Split I i II	Nakon HE Orlovac	Potpuna izgradnja
HE Kraljevac	68	149,8	18,3	6,5	6,5
HE Peruća	41,6	155,7	155,7	130,3	130,3
HE Split	216/432	1575,0	1983,0	2026,6	2026,6
HE Orlovac	183	—	—	743,9	743,9
HE Đale	32	—	—	173,0	173,0
male HE	40	—	—	—	163,4
TE Livno	128	—	—	—	846,0
Ukupno	708,6/924,6	1880,5	2157,0	3080,3	4089,7

* Tablica iz publikacije *Hidroelektrana Split,* Dalmatinske hidroelektrane Split 1962



Brana Prančevići

Prva varijanta zahtijevala bi veće investicije radi dužeg derivacionog tunela. Zbog male korisne akumulacije na zahvatu znatno bi joj bila manja elastičnost rada i vrijednost energije. Poljoprivredna studija natapanja polja između Cetine, Omiša i Trogira pokazala je, da je rentabilnost natapanja jednaka za obje varijante, pa je usvojena varijanta u smjeru ušća. Radi toga treba izgraditi zahvat kod sela Prančevići usporom od 23,5 m. Dužina jezera 5 km. Ukupna sadržina preko 6 hm^3, od čega korisnih 4,6 hm^3. Oscilacija nivoa 10,0 m. Ovo zadovoljava potrebe energetskog izravnanja, a postoji nada da se predviđeni uspor poveća. Ova varijanta ne zahtijeva izvedbu skupog bazena Gata, a derivacija je 4 km kraća od one u podvarijanti Đala. Maksimalna visina brane od temelja do kolnika poslužnog mosta 35,0 m. Dužina u kruni 150,0 m. Izvedba dovodnog tunela od 9641 m svijetlog profila 6,1 m (profil iskopa 6,7 — 7,1 m) predviđala se za 4,75 do 5 godina.

U skladu s podacima odobrenog osnovnog projekta izrađen je investicioni program I etape i podnesen na reviziju 28. 10. 1954. Zavodu za privredno planiranje NR Hrvatske.

Snaga I etape bila je utvrđena sa 202 MW. Proizvodnja, uključivo i rad HE Kraljevac u srednje mokroj godini, iznosila je 1779 GWh. Troškovi izgradnje I etape bili su utvrđeni po cijenama radova u drugom polugodištu 1954, računajući uvoznu opremu sa 1 $ = 540 Din, ukupno neto 18.397 milijuna dinara, a s interkalarnim kamatama 19.501 milijuna dinara. Troškovi izgradnje HE Split I etapa s pripadajućim troškovima akumulacije Peruća bili su predviđeni sa 27.394 milijuna dinara. Godišnji troškovi proizvodnje na temelju 10 %-tne godišnje troškovne kvote iznosili su 2.739,4 milijuna dinara. Cijena energije na pragu Hidroelektrane Split, uključujući pripadne troškove akumulacije Peruća, iznosila je 1,54 Din/kWh. Iz ovih sažetih podataka proizlazilo je, da je izgradnja ove elektrane neobično ekonomična. Po svojoj proizvodnoj cijeni ova elektrana spada među najekonomičnija postrojenja u Evropi. Utvrđena cijena iznosi 40 % od cijene, koliko bi energija smjela stajati u usporedbi s termoelektranama.

Ovi pokazatelji ekonomičnosti iskazani prije sedam godina vrijede i danas kao ekonomični, po cijenama 1960 — 1961, uz jedva primjetne korekcije prema gore. U tome se očituje, da ova izgradnja predstavlja ne samo krupno jačanje elektroenergetskog potencijala zemlje, nego i veliki pozitivni prinos umjerenom tarifiranju unutar zemlje i korisnim elektroprivredno-političkim mjerama.

Koncem godine 1955. Izvršno vijeće Sabora NR Hrvatske odobrilo je ovaj program kao i program izgradnje voda 220 kV Dalmacija — zapadna Hrvatska (HE Split — TS 220/110 kV Mraclin). U komentaru je naglašeno, da se ovaj izuzetno povoljan ener-

getski potencijal nalazi u centru najdeficitnijeg konzumnog područja. Radi toga je bilo određeno, da rasklopno postrojenje treba omogućiti vezu elektrane s područnom mrežom 110 kV i s prijenosnom mrežom 220 kV.

Svoje mišljenje o elektroenergetskom bonitetu Hidroelektrane Split i o njenom uklapanju u mrežu dala je i Zajednica jugoslavenske elektroprivrede u proljeće 1957. u »Prijedlogu za perspektivni razvoj elektroprivrede Jugoslavije«.

Za podmirenje potreba na električnoj energiji u Jugoslaviji do uključivo 1964. treba naći najoptimalnije rješenje izgradnje elektrana i prijenosne mreže. Hidroelektrana Split spada u skupinu elektrana, koje se nalaze u područjima, gdje postoje manjkovi električne energije. Konstatirano je, da Hidroelektranu Split treba graditi prije svih ostalih elektrana.

Sam investicioni program i prijedlog za brzi početak radova na izgradnji hidroelektrane temeljio se na ocjeni potreba električne energije u Jugoslaviji u godini 1960. prema elaboratu o razvoju potrošnje izrađenom u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu, godine 1953, a na temelju podloga, dobivenih od Saveznog zavoda za privredno planiranje.

Potrebe u Jugoslaviji 1960. bile su predviđene sa 8,6 milijarda kWh, a u NR Hrvatskoj za 1960. sa 2.097,7 GWh.

Pri tom predviđanju naročitu ulogu odigravala je I etapa HE Split u opskrbi NR Hrvatske; više od polovice potreba moglo bi se pokriti proizvodnjom I etape. S Hidroelektranom Split mogu se proizvesti znatne količine energije u doba velikog opterećenja, a osim toga ona omogućuje proizvodnju znatnih količina energije u ljetnom razdoblju, što je od naročite vrijednosti za opskrbu Jugoslavije. Ova energetska predviđanja prije 7 godina danas se potpuno potvrđuju tim, da se danas ukupna proizvodnja može plasirati u jugoslavensku mrežu bez preljeva.

Iako odobrenje ovog investicionog programa na republičkom nivou nije značilo istodobno i početak ulaganja sredstava, ipak je predstavljalo značajan korak realizaciji.

U 1957. je investicioni program izgradnje ove elektrane ponovno odobrilo Savezno izvršno vijeće. Tada utvrđena investiciona svota iznosila je uz naknadna povišenja 17,4 milijarda dinara.

Elektroenergetska bilanca za NR Hrvatsku za g. 1965. pokazivala je pred 6 godina, da prvi stadij Hidroelektrane Split treba biti u punom radu već 1962, jer izgradnja I etape ove elektrane bitno mijenja energetsko stanje u čitavoj NR Hrvatskoj. Osim toga ta elektrana omogućuje opskrbu Slovenije zimi, što se ne bi moglo postići izgradnjom hidroelektrane u tom području zbog malih protoka u zimskom godišnjem razdoblju.

Za rok puštanja u pogon Hidroelektrane Split bila je odlučujuća mogućnost izvedbe dovodnog tunela, dugog oko 10 km s tim, da je najduža dionica bila duga 6,6 km. Cijeli tunel je smješten uglavnom u vapnencima i treba ga obložiti i injektirati radi prijenosa pritisaka na stijenu.

Pretpostavljalo se da će se radovi na tunelu dati u posao početkom 1958, i da će ukupno trajanje izgradnje iznositi 55 mjeseci.

PREDVIĐANJE I OSTVARENJE ROKOVA IZVEDBE OBJEKATA TE NABAVE I MONTAŽE OPREME

Građevni radovi		Objekti	Hidromehanička oprema ostvarena u kalend. godina
Predvideno po projektu u kalendarskima godinama	Ostvareno		
3,5	2,3	Pregrada–Prančevići	3,0
1,0	2,0	Ulazni uređaj Prančevići	3,0
4,75	3,35	Dovodni tunel	
3,25	3,15	Vodna i zasunska komora	3,0
3,0	2,75	Tlačni cjevovodi	3,4
4,5	3,5	Strojarnica i transf. postrojenje	
3,75	3,5	Pristupni i kabelski tunel	
3,5	3,2	Odvodni tunel	
1,75	2,0	Odvodni kanal	
2,5	1,25	Rasklopno postrojenje	
		Elektrostrojna i pomoćna oprema	
		Turbine	4,0
		Generatori	4,0
		Transformatori	3,75
		Rasklopno postrojenje	2,1
		Kabeli	1,5
		Dizalice	2,0
		Komanda	1,0
		Pomoćni pogoni	2,1
		Terenska kola	1,0
5,75	4,2		

Računajući početak građevnih radova krajem g. 1957, rok puštanja u pogon bio je utvrđen za sredinu 1962. U 10. mjesecu 1957. započeli su pripremni radovi na prilazima u dovodni tunel (kosi rov Radovići, vertikalno okno i prilaz zasunskoj komori, pristupna cesta Dicmo—Prančevići—Radovići) kao i izvedba 30 kV i niskonaponske te visokofrekventne veze i mreže. Tokom 1958. započeti su svi glavni građevni radovi o kojima je ovisio rok izgradnje postrojenja i zaključena je sva glavna oprema.

U 1959. izvedba bijaše u punom razvoju svih gradilišta. Iskop najduže dionice tunela od 6,6 km završen je za dvije godine i jedan mjesec. Bio je završen i iskop strojarnice i započeto je betoniranje. Izrada opreme se je odvijala prema ugovorenim rokovima. Bile su završene konstrukcije svih strojeva i nabavljen materijal tako, da su svi glavni strojevi bili dani u izradu. Vršene su pripreme za zaključivanje montaže.

U pogledu efekata izbijanja tunela pokazalo se:

1. Uz postojeću mehanizaciju može se napredovati prosječno dnevno 12 m u punom profilu u II kategoriji;

2. U materijalima IV kategorije ne može se računati na napredovanje preko 1 m dnevno.

Osim toga rad u tunelu bio je ometan čestim nadolaženjem vode, koja je nanijela velike količine blata. Trebalo je čistiti i izvlačiti mehanizaciju, sušiti motore i kabele i to po nekoliko puta, jer čim bi strojeve uvukli u tunel, novi val ponavljao bi poteškoće. Kroz pukotine u stijeni navalila bi voda pod velikim pritiskom te oštećivala oblogu na mjestima koja su bila betonski obložena, ali još nije bio postignut kontakt stijena-beton. Nakon višednevnih kiša, u tunel su prodirale ogromne količine vode. Tunel se je nekoliko puta napunio u roku od 4 do 5 sati, a piezometarska visina podizala bi se i 15 m iznad poda tunela.

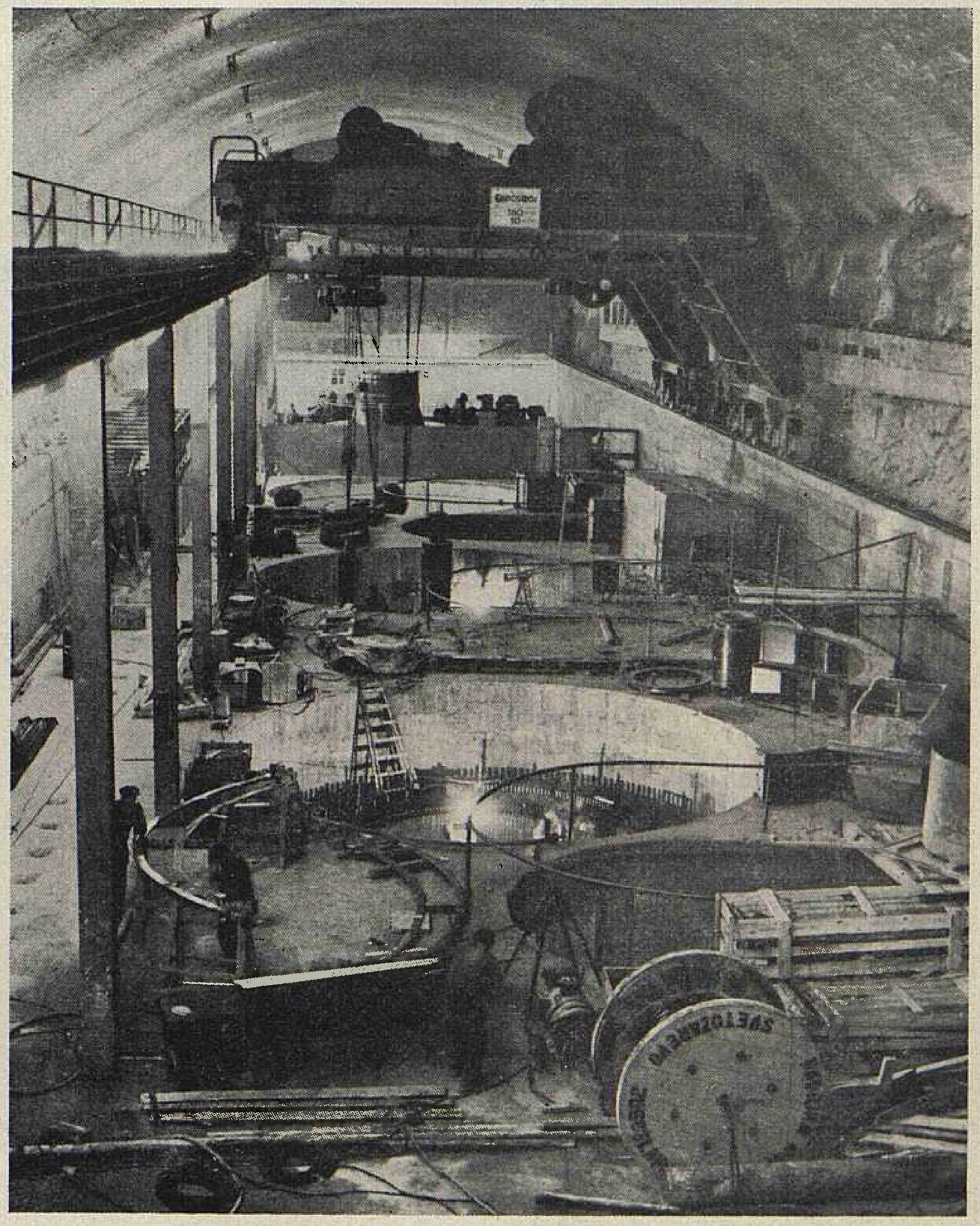
Povrh toga dne 12. i 13. 12. 1959. odronio se deponirani materijal u Gatima; 85.000 m³ srušilo se na gradilište Zakučac i na dio sela Mandići. Do odrona je došlo uslijed voda nabujalih potoka Smovo i Gata, koje nisu mogle protjecati kroz odvodne organe.

Tokom godine 1960. ugrađena je oprema temeljnih ispusta brane, a voda Cetine se je mogla kroz njih propustiti. Započeti su radovi na lijevoj strani. U toku su bili konsolidacioni radovi I faze, o kojima je ovisilo puštanje elektrane u pogon. Započela je montaža opreme ulaznog uređaja. Koncem 4. mjeseca probijen je dovodni tunel, a do kraja godine betonski obložen sa 61 % dužine. Bile su završene pripreme za injektiranje.

Tokom godine 1960. »Tunelogradnja« je postigla prosjek od 22,9 m dnevno betoniranja tunela tokom 1 mjeseca, odnosno dnevni maksimum od 30 m dnevno, a »Konstruktor« je nakon prijelaza na top postizavao prosječno 18,0 m dnevno tokom 15 dana.

Betonski radovi na vodnoj i zasunskoj komori bili su u toku. Sva četiri cjevovoda bila su probušena. Strojarnica je bila u fazi betoniranja. Paralelno je montiranja i oprema. Transformatorsko postrojenje bilo je također u fazi betoniranja. Radovi na odvodnom kanalu bili su započeti. Koncem godine isto tako su bili započeti i radovi na rasklopnom postrojenju. Vršena je probna montaža i preuzimanje turbina u tvornici. Bila je preuzeta i prva dizalica 160 t. Transformatori su bili pred dovršenjem.

Tokom četvrte godine izgradnje dovršena je izvedba brane do kraja 6. mjeseca, ulazni uređaj u 8. mjesecu, dovodni tunel je bio dovršen do kraja 7. mjeseca. Vodna komora je bila također završena u 7. mjesecu. U strojarnici nastavilo se betoniranjem. Montirana su dva tlačna cjevovoda te dovodna i od-



HE Split — montaža strojeva

vodna cijev leptirastog zatvarača u zasunskoj komori i započeta njegova montaža. Montirana je dizalica zasunske komore.

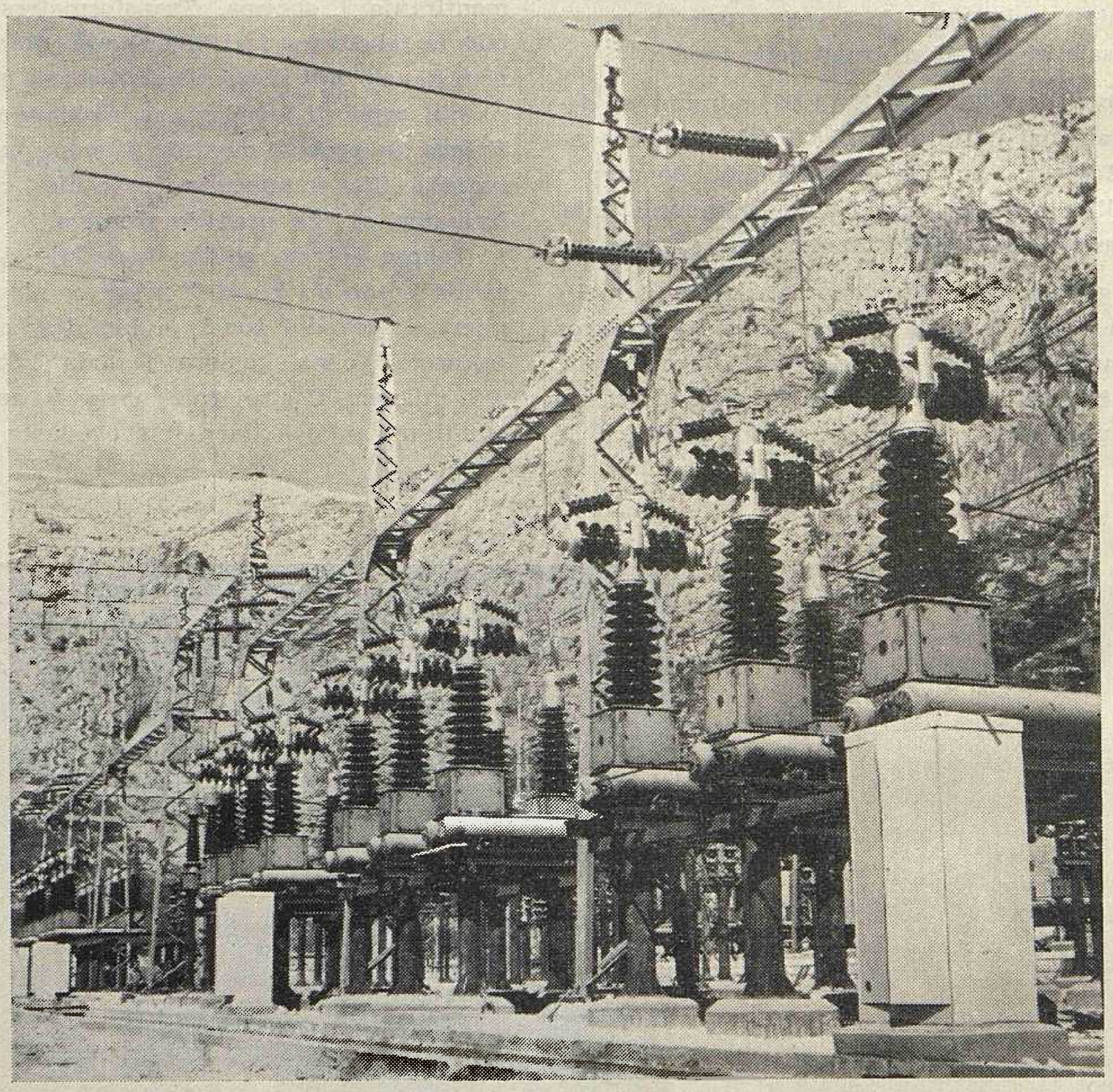
U 8. mjesecu započeto je punjenje akumulacije Prančevići. Uslijed izvedbe akumulacije bilo je eksproprijirano i potopljeno 49,7 ha poljoprivrednih površina, 63 zgrade i 4 mlinice.

Završeni su građevni radovi na dijelu rasklopnog postrojenja.

Dne 15. 9. 1961. započeo je probni pogon prvog generatora, a tokom zadnjeg četvrtgodišta izvođeni su završni radovi i montaža drugog generatora.

Nakon ove izgradnje, iskorištenje vodnih snaga na području Hrvatske iznosi 24,4 %, a onih dinarsko-primorskog rajona 11,0 %.

Naslov autora: Ing. Radoslav Planić, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37



HE Split – rasklopno postrojenje 110 kV

ENERGETSKA KONCEPCIJA POVEZIVANJA JADRANSKOG I SREDIŠNJEG PODRUČJA NR HRVATSKE

Boris Markovčić, Zagreb

Izgradnji voda 220 kV Split–Zagreb prethodio je čitav niz dugogodišnjih studija i u pogledu električkog i mehaničkog dimenzioniranja i u pogledu buduće trase. Članak iznosi energetske studije i varijante rješenja od prvih radova u okviru »Yougelexporta« do izrade projekta dalekovoda.

DK 621.311.1

U prosincu prošle godine završena je gradnja voda 220 kV HE Split — Mraclin i time ostvarena dugo studirana direktna veza vodom najvišeg napona između Dalmacije i zapadne Hrvatske.

O gradnji voda i njegovim konstruktivim pojedinostima već je pisano u ovom časopisu [23], a ovdje će biti iznesen tok studija i koncepcije rješenja povezivanja sjeverozapadnog dijela zemlje s centralnim i jadranskim područjem, te uloga voda u supermreži Jugoslavije.

Već se prilikom prvih poslijeratnih elektroenergetskih planiranja pokazalo, da jadranski pojas obiluje hidroenergijom, dok sjeverozapadno i sjeverno područje s jakim konzumom ima slabe mogućnosti izgradnje elektroenergetskih izvora. Za ondašnje je prilike međutim izgledalo, da su te hidrosnage toliko velike, da daleko prelaze naše potrebe, pa njihovo iskorištenje treba riješiti u prvome redu putem izvoza u susjedne zemlje npr. u Italiju, Austriju i Njemačku. U okviru studija o izvozu (Yougelexport 1953) pojavljuje se ideja o izgradnji voda vrlo visokog napona duž jadranske obale s ograncima prema Istri za Italiju i prema Zagrebu za Austriju. S obzirom na veliku prijenosnu daljinu i velike snage, vod je bio zamišljen kao dvostruki, nazivnog napona 380 kV.

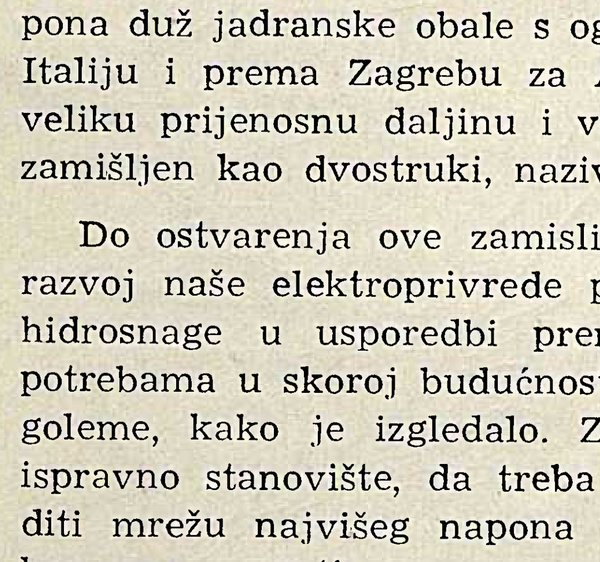
Do ostvarenja ove zamisli nije došlo, a nagli je razvoj naše elektroprivrede pokazao, da raspoložive hidrosnage u usporedbi prema našim energetskim potrebama u skoroj budućnosti nisu ni izdaleka tako goleme, kako je izgledalo. Zauzeto je prema tome ispravno stanovište, da treba u prvome redu izgraditi mrežu najvišeg napona za osiguranje vlastitog konzuma, a zatim, prema mogućnostima misliti na izvoz. S tim se koncepcijama započelo zatim planiranje jugoslavenske superponirane mreže, te je napon 220 kV odabran kao nazivni, a glavna je pažnja posvećena magistralnim linijama koje će prenositi energiju s juga na sjever i sjeverozapad. Pokazalo se, da će jedna od najvažnijih dionica buduće superponirane jugoslavenske mreže, biti vod između Dalmacije i zapadne Hrvatske. Neophodnost skore izgradnje takvog voda velike prijenosne moći bila je dakle očigledna, pa se studijem tog problema započelo u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu još 1953. Izrađen je čitav niz elektroenergetskih studija u kojima je razmatrana energetska opravdanost voda i odgovarajući električni parametri.

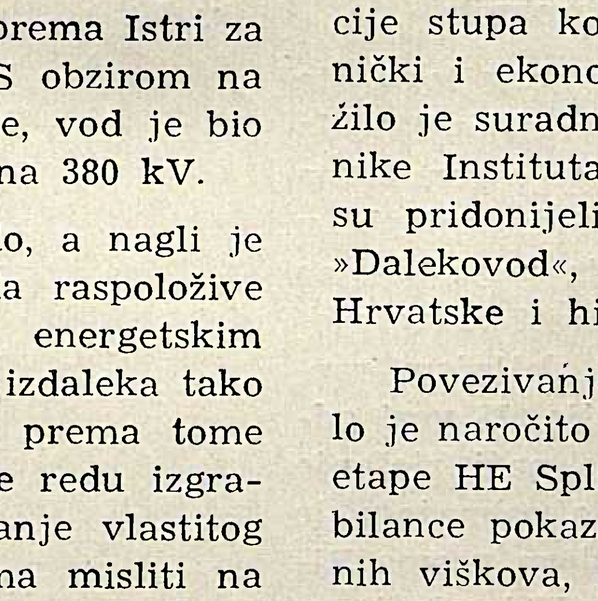
Vrlo je mnogo pažnje posvećeno također elementima za projektiranje i konstruktivnim problemima. Za studij izvedbe u prvome je redu bilo potrebno dobiti klimatske podatke duž trase, jer je budući vod morao proći klimatski neugodnom kontaktnom zonom primorskog i kontinentalnog područja.

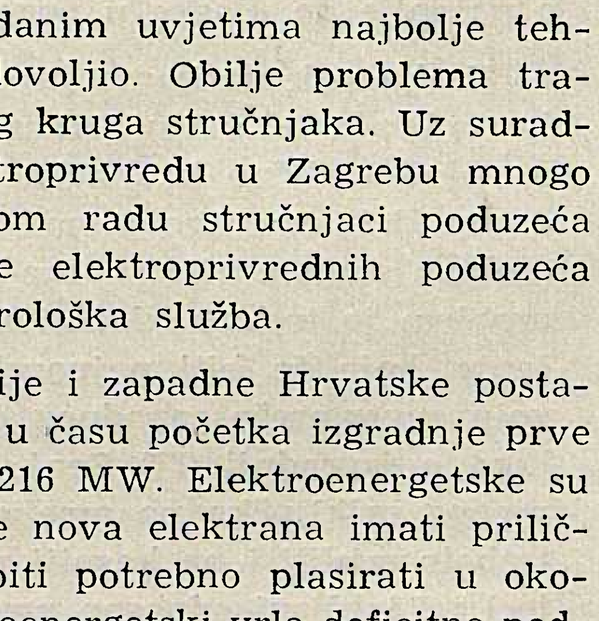
Nadalje je trebalo riješiti pitanje propisa, jer tada važeći propisi za gradnju dalekovoda (iz 1949) nisu obuhvaćali vodove višeg napona od 110 kV.

Prišlo se također studiju najpogodnije konstrukcije stupa koji bi u danim uvjetima najbolje tehnički i ekonomski zadovoljio. Obilje problema tražilo je suradnju širokog kruga stručnjaka. Uz suradnike Instituta za elektroprivredu u Zagrebu mnogo su pridonijeli uspješnom radu stručnjaci poduzeća »Dalekovod«, Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i hidrometeorološka služba.

Povezivanje Dalmacije i zapadne Hrvatske postalo je naročito aktuelno u času početka izgradnje prve etape HE Split, snage 216 MW. Elektroenergetske su bilance pokazale, da će nova elektrana imati priličnih viškova, koje će biti potrebno plasirati u okolinu Zagreba kao elektroenergetski vrlo deficitno područje. Krajnje tačke budućeg voda dakle, bile su jasne, ali mišljenja jugoslavenskih stručnjaka bila su podijeljena u pogledu najpovoljnijih trasa.







Slike 1, 2 i 3

Konačno su u užu diskusiju ušle tri varijante koje su nazvane prema karakterističnim geografskim područjima ličkom (sl. 1) vrbaskom (sl. 2) i unskom (sl. 3). Svaka od njih imala je svojih prednosti i mana.

Vrbaska bi trasa na liniji HE Split — Mostar — Kakanj — Jajce — Mraclin (Zagreb) bila najdulja te bi iznosila oko 500 km. No u vrijeme kad je trebala pasti odluka o gradnji voda na toj je trasi već postojala dionica Jajce — Mraclin sa dvije trojke 110 kV pregradiva na 220 kV i dionica HE Split — Mostar izgrađena za 220 kV, ali u pogonu sa 110 kV. Zbog toga bi u ovoj varijanti trebalo izgraditi samo 215 km novih vodova 220 kV, umjesto 354 km, koliko iznosi cijela dužina voda kroz Liku. No takvo bi rješenje imalo manu u tome, što bi put energije iz HE Split bio znatno dulji, a prijelazom spomenutih postojećih dionica na 220 kV bilo bi neophodno još izgraditi oko 100 km vodova 110 kV. Stvarne bi se prijenosne mogućnosti prema Zagrebu time međutim malo povećale, jer bi otpao postojeći vod Jajce — Zagreb prijenosne moći oko 100 MW, a novi vrlo dugački vod ne bi imao bitno veću prijenosnu snagu. Oslabila bi se također veza između Dalmacije i Bosne, koja bi ostala na jednom slabom vodu 110 kV presjeka 95 Cu.

Prema tome bi ostala veza istočnog i centralnog sistema s Dalmacijom i sjeverozapadom samo preko tog voda, što pogonski ne bi bilo ispravno. Takvo bi stanje tražilo izgradnju transformatorske stanice 220/110 kV u Kaknju, kao tačku povezivanja sistema 110 i 220 kV. Zbog toga nije dano prvenstvo ovoj varijanti, već je njena izgradnja ostavljena za kasnije, a najdalje do ulaska u pogon HE Dubrovnik.

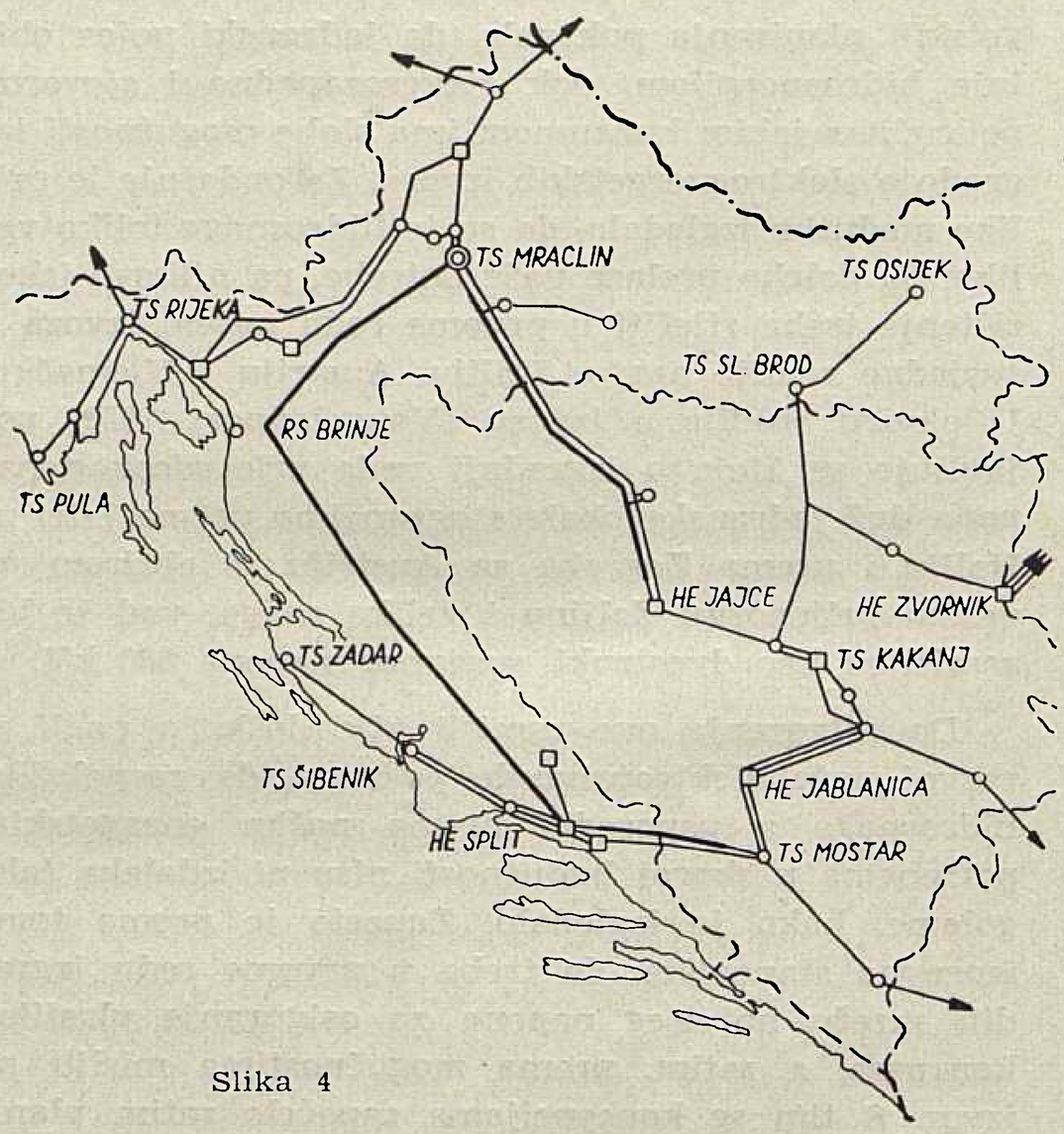
Unska pak varijanta predlagana je zbog toga, što je najkraća od sviju. Trasa bi u toj varijanti tekla u početku slično kao lička, ali bi prije skrenula na sjever dolinom Une prema Zagrebu. Skraćenje bi u svakom slučaju bilo znatna prednost te varijante, no problem je trebalo gledati šire i odabrati takvo rješenje, koje će biti najpovoljnije i u daljnjem razvoju supermreže zapadnog dijela zemlje. U vezi odluke o izgradnji TE Senj, trebalo je naći rješenje njenog priključka na mrežu 220 kV, a osim toga je trebalo misliti i na kasniji rasplet vodova prema Rijeci i Ljubljani odnosno prema Italiji. Uzimajući sve ove momente u obzir odlučeno je, da se usvoji varijanta trase preko Like s time, da se u Brinju predvidi rasklopna stanica 220 kV u koju bi se uklopila HE Senj i izveo rasplet vodova prema Rijeci.

Usvajanjem trase ostalo je otvoreno pitanje prijenosne moći voda tj. broja trojki i presjeka vodiča. Kako iz elektroenergetskih analiza proizlazi, da će se snage potrebne za zapadni sistem u skoroj budućnosti kretati negdje između 300 i 400 MW bilo je opravdano, da se predvidi vod velike prijenosne snage. Zbog toga se predlagala izvedba voda s dvije trojke, odnosno alternativno, vod s jednom trojkom i vodičima u snopu. Na reviziji investicionog programa (7. 1959) konačno je donesen zaključak da se vod izgradi kao jednostruki na cijeloj duljini od HE Split do TS Mraclin. Vodiči do buduće rasklopne stanice Brinje bili bi jednostruki presjeka 360/57 Ač, a od Brinja do Mraclina u snopu 2 × 240/40 Ač. Komisija je zauzela stanovište, da je u prvoj etapi pogona dovoljan vod s pojedinačnim vodičima na dionici HE Split — RS Brinje, budući da neposredno predstoji izgradnja prije opisane vrbaske varijante, čime će Dalmacija biti također vezana sa TS Mraclin, ali preko Bosne.

Pojačanje presjeka na dionici RS Brinje — Mraclin usvojeno je stoga, što će taj dio voda biti dodatno opterećen snagom HE Senj.

Izgradnjom jugoslavenske superponirane mreže vodova 220 kV i velikih elektrana, uloga voda HE Split — Mraclin u jugoslavenskom elektroenergetskom sistemu stalno će se mijenjati. Prema planu razvoja mreže [18] može se načelno govoriti o četiri glavne etape pogona.

U prvoj etapi, nakon stavljanja u pogon, vod će prenositi energiju direktno iz HE Split prema Zagrebu. U tom razdoblju on predstavlja izoliranu dionicu 220 kV, koja je s ostalom jugoslavenskom visokonaponskom mrežom vezana samo vodovima 110

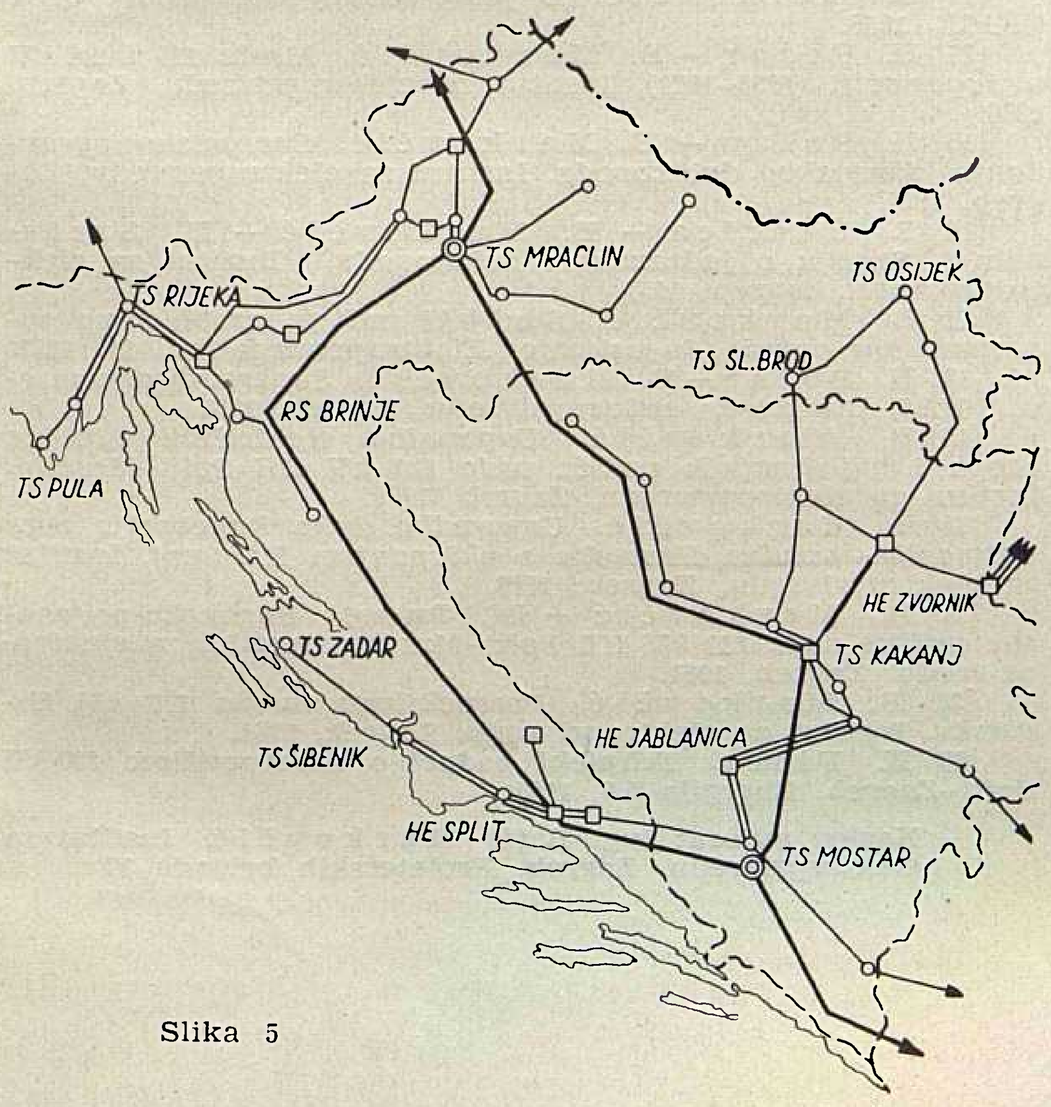


Slika 4

kV (sl. 4). Kod takve konfiguracije mreže prijenosna moć voda iznosi oko 150 MW, a ograničena je uvjetima stabilnosti. Toj je snazi prilagođena također i prva etapa transformacije 220/110 kV. u TS Mraclin, snage 150 MVA [22]. Do momenta pregradnje zapadni sistem može još koristiti i postojeće dvije trojke voda 110 kV Jajce — Mraclin kojim se može prema Zagrebu prebaciti, kako je već spomenuto, snaga od nekih 100 MW.

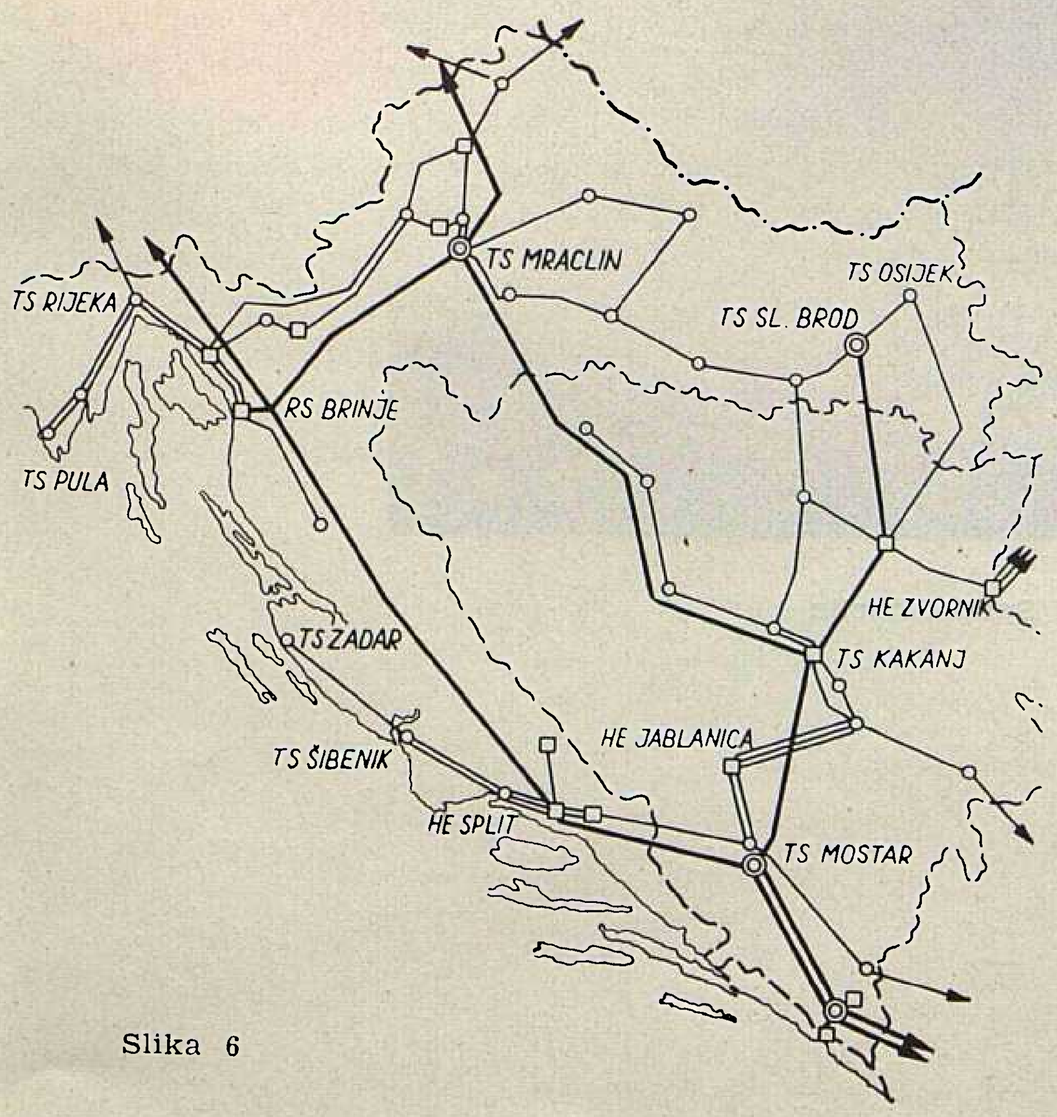
Druga će etapa pogona voda nastupiti zatvaranjem petlje 220 kV preko Bosne (sl. 5) tj. puštanjem u pogon već prije spomenute vrbaske varijante. S time u vezi izgradit će se transformatorska stanica 220/110 kV u Kaknju i rasklopne stanice 220 kV u Mostaru, u koju će biti priključen vod 220 kV prema HE Dubrovnik i Crnoj Gori.

Prijenosna moć opisane veze bit će potpuno iskorištena tek u trećoj etapi nakon ulaska u pogon velikih jadranskih hidroelektrana HE Senj i HE Dubrovnik (sl. 6). Njihov će priključak izazvati potrebu



Slika 5

daljnjeg proširenja mreže 220 kV u Hrvatskoj i Sloveniji. Uklapanjem HE Senj u Brinju, vod će se raščlaniti u dvije dionice HE Split — RS Brinje i RS Brinje — TS Mraclin, kako je to predviđeno u osnovnoj koncepciji mreže. HE Senj će na taj način biti važna potporna tačka prijenosa snage iz Dalmacije, čime će se osjetno povećati prijenosna moć voda s obzirom na stabilnost.



Slika 6

Izgradnja hidroelektrana obalnog pojasa, te sigurnost pogona tražit će izgradnju i trećeg voda 220 kV prema sjeverozapadu, a zatim možda i četvrtog. To se razdoblje može smatrati trećom etapom pogona voda, premda se danas još o tome ne može mnogo govoriti.

Etape pogona koje su ovdje opisane osnovne su i najkarakterističnije no jasno je, da s obzirom na rokove završetka velikih elektrana, potrebe izvoza ili nepredviđene velike konzumente mogu nastupiti i različite međuetape.

Elektroenergetski značaj voda Dalmacija — zapadna Hrvatska razmatran je u okviru potreba prijenosa između sjeverozapadnog i ostalog dijela Jugoslavije. Zbog toga su studirane elektroenergetske bilance koje su obuhvatile cijelu zemlju [15]. Analizom bilanci rješavano je s jedne strane pitanje dimenzioniranja voda tj. veličina snage prijenosa, a s druge strane pitanje ekonomičnosti za što je trebalo odrediti godišnju izmjenu energije u oba smjera prijenosa. Da se odredi snaga, promatran je režim pogona u mjesecima koji su karakteristični po hidrološkim prilikama. Budući da u Jugoslaviji postoji više hidroloških režima, ispitivana je snaga pogonskih kombinacija s različitim stanjem voda. Za konkretni slučaj svakako je bio najvažniji odnos rijeke Drave prema ostalim vodotocima.

Pogonske prilike u karakterističnim mjesecima pokazale su da treba, ne računajući rezerve, omogućiti prema sjeverozapadu prijenos slijedećih snaga:

1962.	269 MW
1965.	284 MW
1970.	378 MW

Međutim gledajući stvarno zadovoljenje potreba, prijenosni bi kapacitet morao biti veći, jer se uvijek mora računati s eventualnim ispadima agregata.

Za određivanje količine energije s kojima treba računati kod ekonomskih kalkulacija pretpostavljene su u analizama prilike u srednjoj hidrološkoj godini, koja može nastupiti s vjerojatnošću od 50 %.

Suma godišnje energije koja bi se prenosila u oba pravca iznosila bi

1962.	727 GWh
1965.	904 GWh
1970.	1039 GWh

Naravno da su snage koje bi se dobile na temelju ove pretpostavke manje od prije dobivenih, no one su sigurno preniske, jer se ne može računati s rizikom da potrebe budu zadovoljene samo s vjerojatnošću od 50 %.

Kod toga treba još napomenuti, da je kod bilanciranja predviđen određeni rokovnik ulaska u pogon novih elektrana. Prema današnjem gledanju on se do 1965. nije bitno promijenio prema pretpostavljenom, no za prilike u 1970. neizvjesnost je daleko veća. Do sad su rađene i druge bilance (npr. u [18]) pod nešto drugačijim pretpostavkama, no rezultati potvrđuju dobiveni red veličina navedenih snaga i energije.

Za 1962. ipak neće biti ispunjene neke pretpostavke s kojima je u analizama računano. Izgradnja superponirane mreže neće još uznapredovati u tolikoj mjeri, da bude omogućeno nesmetano kretanje energije iz jednog područja Jugoslavije u drugo, a

osim toga izgleda, da će konzum u sjeverozapadnom području biti nešto niži od predviđenoga. Ovi će momenti djelovati nešto na sniženje prijenosa, no sigurno je, da neće biti velikih razlika prema predviđanjima.

Svakako izgradnja voda 220 kV HE Split—Mraclin predstavlja veliki uspjeh i napredak u razvoju jugoslavenskog elektroenergetskog sistema najvišeg napona.

Literatura

[1] B. Stefanini, *Studija o prijenosu energije između zapadne Hrvatske i Dalmacije,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1953.

[2] B. Stefanini, *Rentabilnost dalekovoda 220 kV Dalmacija — zapadna Hrvatska,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1953.

[3] B. Markovčić, *Opravdanje izgradnje voda 220 kV Dalmacija — zapadna Hrvatska,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1954.

[4] B. Markovčić, *Prijenos energije iz Bosne do talijanske odnosno austrijske granice,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1954.

[5] B. Stefanini, *Prilog izboru presjeka vodiča za vod 220/380 kV,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1954.

[6] R. Škarica — K. Fišer, *Prijedlog za mehaničko dimenzioniranje dalekovoda,* Stručni savjet ZEPH, 1954.

[7] J. Jerić, *Vjerojatni razvoj opterećenja jadranskog voda,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1955.

[8] B. Stefanini, *Električni proračun prijenosa iz HE Split na daljinu od 400 km,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1955.

[9] H. Požar, *Opterećenje voda Bosna—Dalmacija — zapadna Hrvatska,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1957.

[10] M. Dokmanić, *Ekonomsko oblikovanje dalekovoda,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1955.

[11] B. Baranović — B. Markovčić, *Studija o jadranskom dalekovodu,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1955.

[12] R. Škarica — K. Fišer, *Projektiranje voda zapadna Hrvatska—Dalmacija,* JNK CIGRE, 1956.

[13] B. Markovčić, *O jadranskom dalekovodu,* JNK CIGRE, 1956.

[14] H. Požar — B. Markovčić, *Mreža 110 i 220 kV u Jugoslaviji (1958—1970),* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1956.

[15] H. Požar — B. Markovčić, *Energetsko opravdanje jadranskog dalekovoda,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1957.

[16] R. Škarica — B. Markovčić — B. Stefanini, *Studija o jadranskom dalekovodu,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1957.

[17] B. Markovčić, *Studijski rad na problemima superponirane mreže Jugoslavije,* Elektroprivreda br. 11. 1958.

[18] H. Požar — B. Markovčić, *Superponirana mreža FNRJ,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1959.

[19] B. Markovčić, *Usporedba električnih osobina snopa i pojedinačnih vodiča voda 220 kV HE Split—Mraclin,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1959.

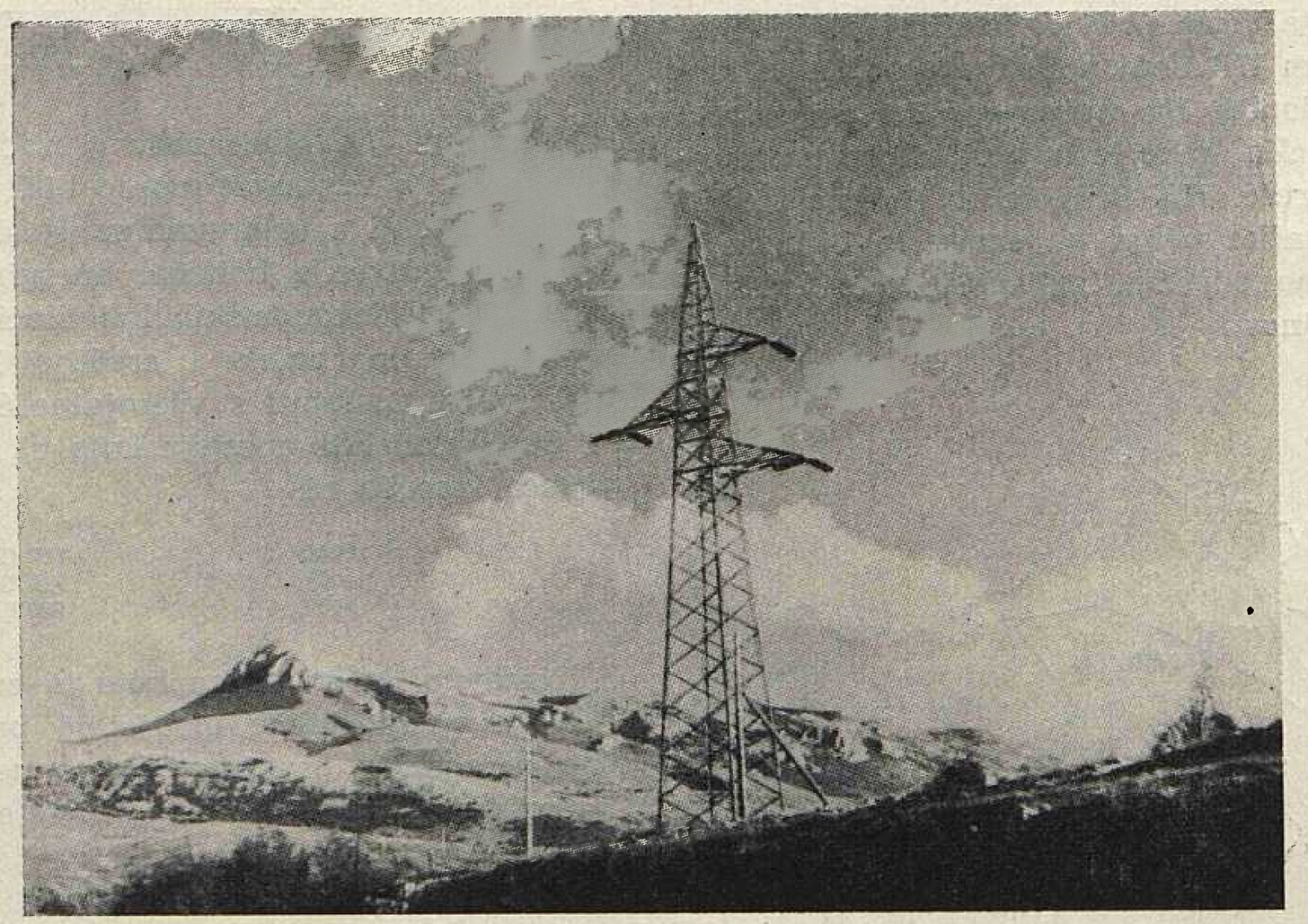
[20] B. Markovčić, *Usporedba dviju koncepcija veze Dalmacija—zapadna Hrvatska s uklapanjem HE Senj,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1959.

[21] B. Markovčić — M. Jung, *Pogonsko-prijenosne prilike voda 220 kV HE Split—Mraclin,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

[22] B. Markovčić, *Perspektivna mreža 110 kV Hrvatske,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

[23] K. Fišer, *Tehnički podaci o dalekovodima 220 kV Split—Zagreb,* Energija 5/6, 1961.

Naslov autora: Ing. Boris Markovčić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37



Dalekovod 220 kV Split—Mraclin

ISPITNI VOD ZRMANJA

Ranko Škarica, Zagreb

Da se utvrde meteorološki uslovi potrebni za projektiranje voda 220 kV HE Split–Senj–Mraclin, izgrađen je 1959. pokusni vod dužine 1,3 km na Zrmanji. U članku su opisani vod, uređaji za mjerenje, opseg mjerenja i opažanja, dobiveni rezultati i zaključci. Članak je vrijedan i zanimljiv, jer opisuje ispitivanja, koja su jedinstvena u našoj zemlji, te će biti od interesa ne samo za nas, nego i za inozemstvo.

DK 621.315.1

UVOD

Dalekovodi najvišeg napona zbog svoje duljine često prolaze područjima, koja se s klimatskog gledišta mogu dosta razlikovati. Pokazalo se zbog toga potrebnim, da se za takove magistralne dalekovode na dionicama težih atmosferskih prilika prikupljaju podaci za njihovo mehaničko dimenzioniranje već nekoliko godina prije početka projektiranja.

Dimenzioniranje dalekovoda provedeno samo na temelju teoretskih pretpostavki može nepotrebno povećati izdatke radi pretjerane sigurnosti ili se pak može postići ušteda, koja je u stvari samo prividna, jer se time smanjuje sigurnost dalekovoda. Potrebno je dakle, da pretpostavke opterećenja za mehaničko dimenzioniranje imaju realnu osnovu, a to se može postići samo eksperimentalnim putem. Na taj se način dolazi do brzine vjetra, težine ledenog ovjesa i uopće onih podataka, koji su potrebni za projektiranje dalekovoda. Što su ti podaci realniji to će i sigurnost voda biti više usklađena s troškovima izgradnje.

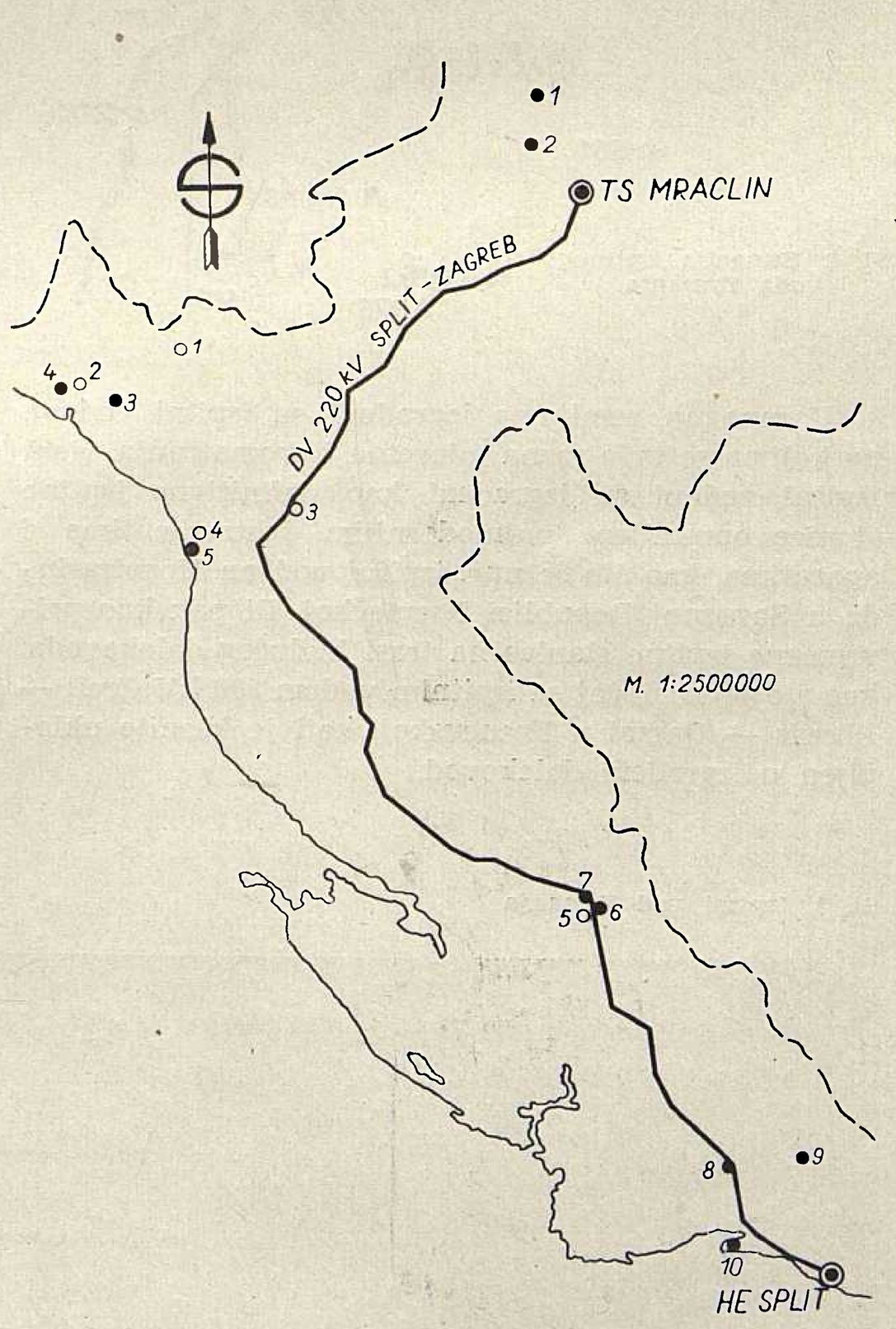
Jadranski dalekovod 220 kV u duljini od 353 km prolazi terenima, koji se međusobno razlikuju u klimatskom pogledu. Te razlike u prvom redu dolaze do izražaja u brzini vjetra, zatim u učestalosti i veličini ledenog ovjesa. Imajući to u vidu, započelo se koncem 1954. mjerenjem brzine vjetra na širem području, kojim se predvidalo da će biti položena trasa budućeg dalekovoda. Uz već postojeće anemografe Hidrometeorološkog zavoda, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske nabavila je još nekoliko anemografa, te je na taj način znatno bila proširena mreža stanica za mjerenje brzine vjetra. Na slici 1 prikazan je smještaj tih stanica od Zagreba do Splita. Osim stanica za mjerenje brzine vjetra, improvizirane su i stanice za prikupljanje podataka o veličini leda, koje međutim zbog oskudne opreme nisu mogle dati zadovoljavajuće rezultate (sl. 1). Stoga je bilo potrebno prikupljati podatke o ledu i na linijama elektroveza, koji su se bazirali na višegodišnjim iskustvima.

Svi podaci bilo o vjetru ili ledu korišteni su prilikom projektiranja Jadranskog dalekovoda. Na temelju tih podataka, a u saradnji s Hidrometeorološkim zavodom, razdijeljena je trasa na nekoliko zona vjetra i nekoliko zona dodatnog tereta od leda.

Iako su sve predradnje bile solidne i opsežno provedene, pa su sakupljeni podaci dali dosta jasnu sliku o klimatskim prilikama na čitavoj duljini trase, ipak je ostala izvjesna sumnja u to, kako će se dalekovod ponašati na naročito kritičnim mjestima trase. U takva se mjesta ubrajaju Klis i Zrmanja, zbog vrlo jakih vjetrova, te Kapela poznata zbog pojave velikog dodatnog tereta od leda, a također i po dosta jakim vjetrovima.

Baš to pitanje, kako će se dalekovod ponašati u izvanredno teškim klimatskim prilikama, često zadaje dosta brige projektantima dalekovoda, usprkos svim predviđenim mjerama sigurnosti i provedenim računima u projektu. Svaki projektant prati s velikim interesom zbivanja na vodu tokom prve zime, kad vod treba da pokaže svoju izdržljivost.

Uz podatke meteorološke službe o brzini vjetra, težini leda itd. potrebno je prikupljati podatke s iz-



Sl. 1. Smještaj anemografa i stanica za mjerenje zaleđivanja

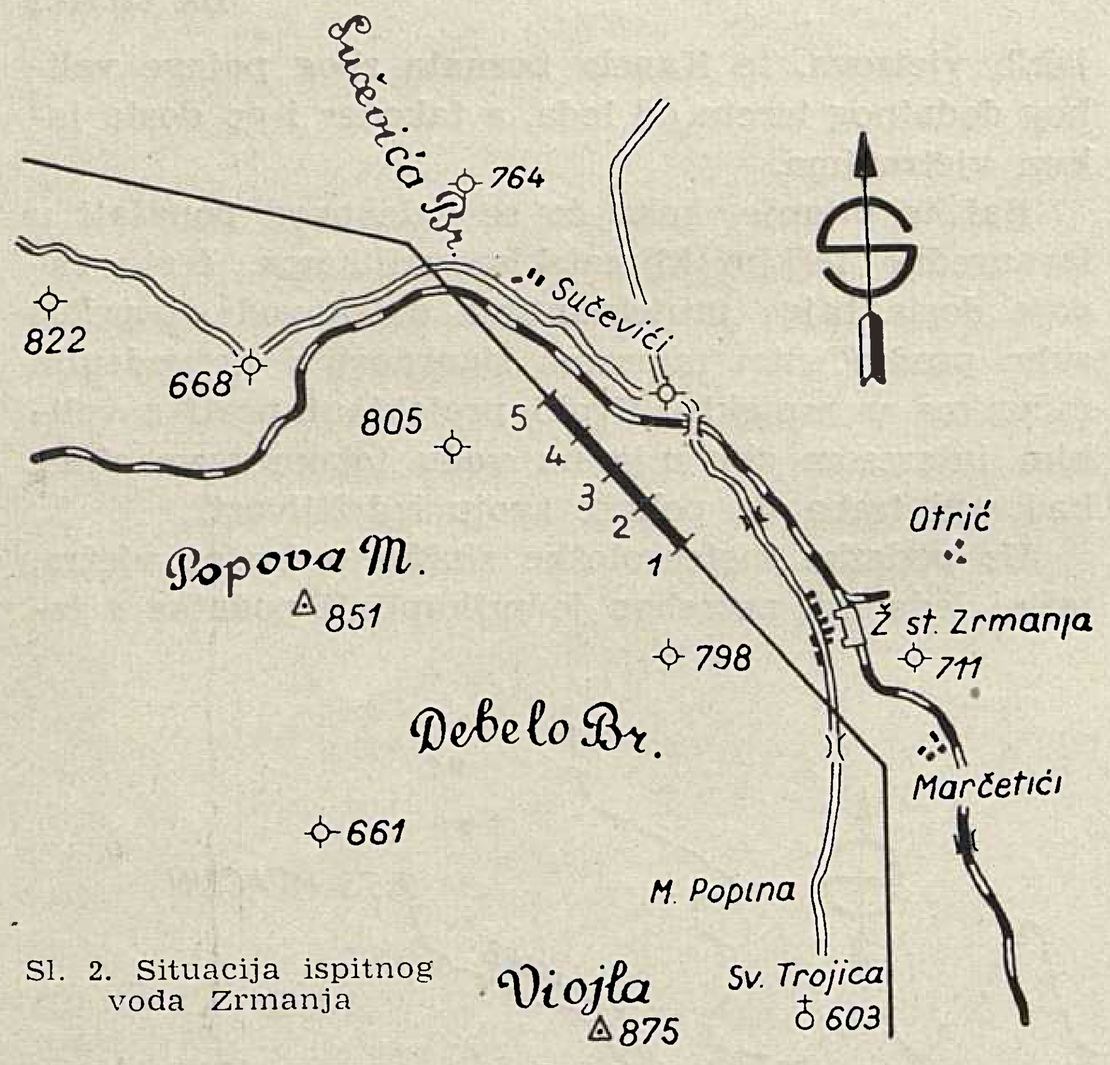
Anemografi ●

1 Sljeme
2 Zagreb-Grič
3 Fužine
4 Škrljevo
5 Senj
6 Zrmanja (želj. stan.)
7 Zrmanja (ispitni vod)
8 Vrba
9 Sinj
10 Split

Stanice za zaleđivanje ○

1 Skrad
2 Gornja Slavica
3 Velika Kapela
4 Krivi Put
5 Zrmanja

građenih dalekovoda i promatrati kako se oni ponašaju prilikom velikih nepogoda. Tamo gdje ne postoje izgrađeni dalekovodi, korisno je na budućoj trasi ili blizu nje podići ispitni vod, na kojem se mogu još bolje obavljati mjerenja i motrenja, jer rad nije ometan pogonskim zahtjevima.



Sl. 2. Situacija ispitnog voda Zrmanja

U mnogim zemljama izgrađeni su ispitni vodovi, na kojima se vrše razna mjerenja i promatranja. Neki ispitni vodovi su izgrađeni kao definitivne ispitne stanice opremljene najmodernijim instrumentima i aparatima, kao što je npr. ispitni vod na Hornisgrinde u Saveznoj Republici Njemačkoj, ili pak kao privremene ispitne stanice na trasi budućeg dalekovoda, kao što je to slučaj sa ispitnim vodom 380 kV Creil — Plessis — Gassot u Francuskoj, koji je kasnije uklopljen u izgrađeni dalekovod.

Zamisao, da se i kod nas izgradi ispitni vod i to kao dio budućeg Jadranskog dalekovoda brzo se je ostvarila zahvaljujući razumijevanju na koje se naišlo kod Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, koja je tada bila investitor projekta tog dalekovoda.

Lokacija ispitnog voda lako je određena, jer su u obzir došla prije navedena tri mjesta. Odabrana je Zrmanja (sl. 2) koja je ocijenjena kao najgore područje zbog vrlo jakih vjetrova te zbog položaja trase s obzirom na njihov smjer. Osim toga, na tom području računalo se i s pojavom leda na vodičima.

Ispitni vod (sl. 3) izgrađen je koncem 1958, a mjerenja i promatranja obavljena su kroz dvije ispitne sezone i to početkom 1959 (januar — april) i 1959/60 (novembar — mart) s napomenom, da su se mjerenja brzine vjetra obavljala tokom čitave 1959.

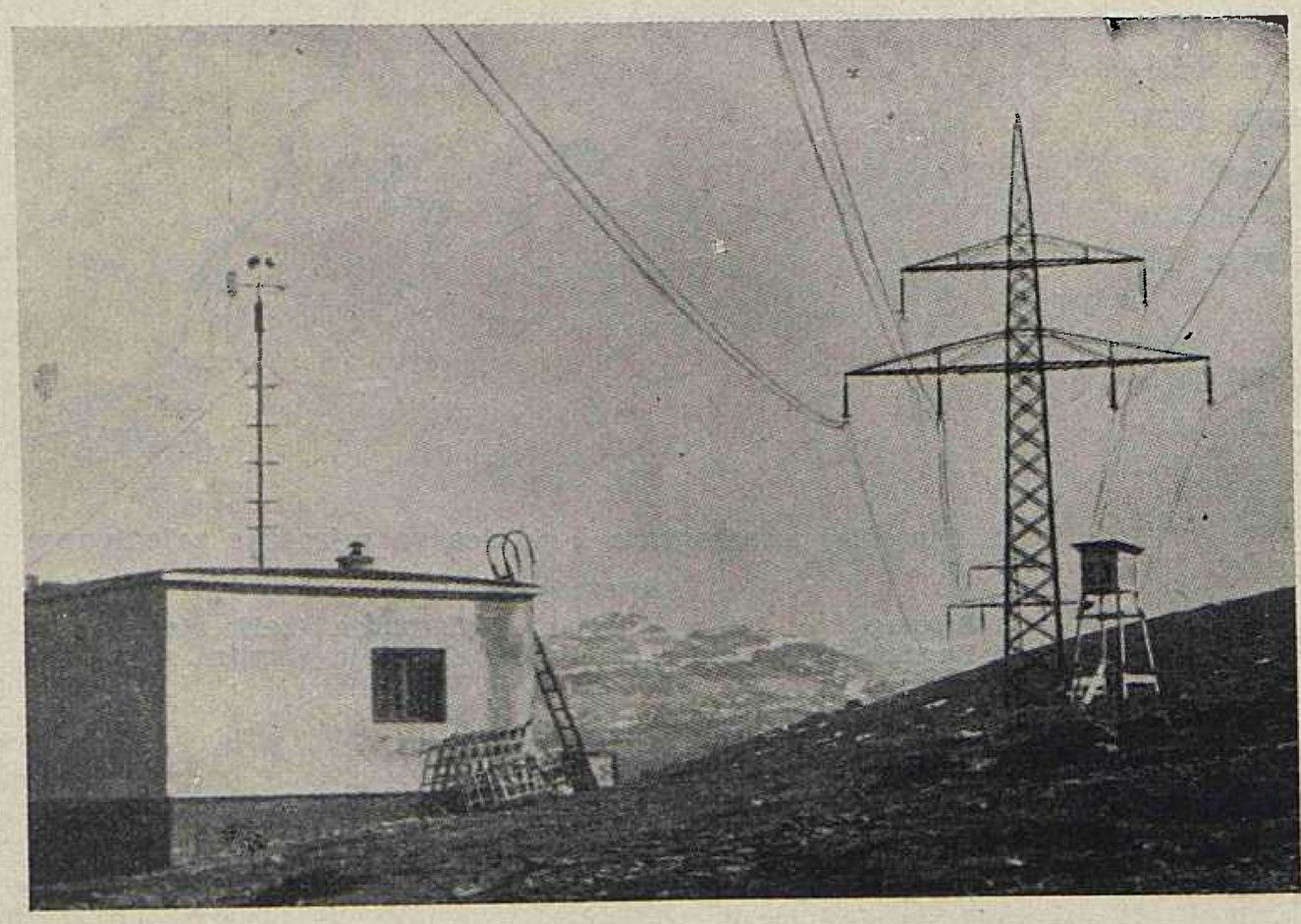
U trećoj ispitnoj sezoni 1960/61. nisu vršena mjerenja zbog izvanredno blage zime, a i zbog toga što se je Jadranski dalekovod već tada nalazio u gradnji. U proljeće 1961. ispitni je vod prestao postojati uklapanjem u dalekovod 220 kV Split — Zagreb. Zbog kratkog vijeka ispitnog voda, podaci skupljeni mjerenjem i promatranjem ne mogu potpuno zadovoljiti tim više, što su obje ispitne sezone pale u razdoblje relativno blagih zima. Osim toga i češće kvarenje instrumenata nešto je skratilo raspoloživo vrijeme predviđeno za mjerenje.

IZVEDBA

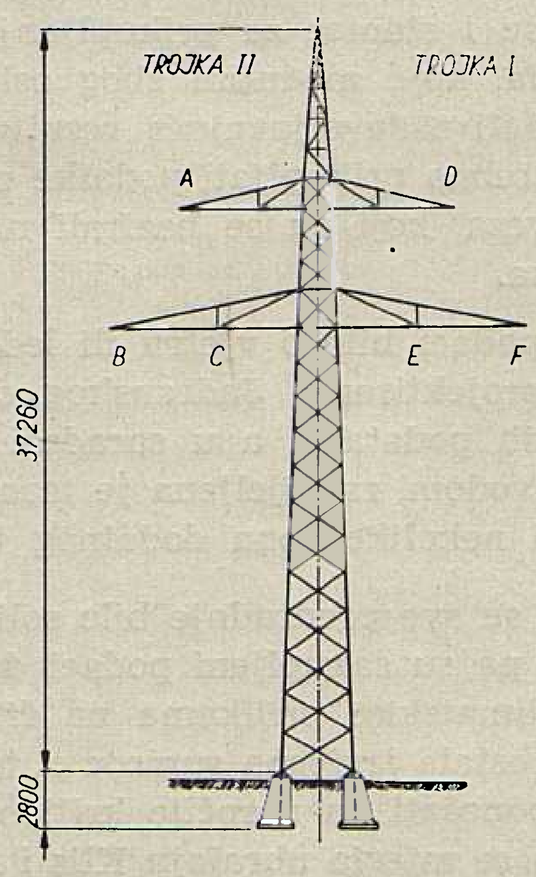
Ispitni vod nalazio se na nadmorskoj visini od oko 700 m, a položen je u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Ovaj smjer je otprilike okomit na smjer najjačih vjetrova, koji se pojavljuju na tom području. Teren je kamenit, prilično jednoličan, a uspinje se prema jugozapadu pod kutem 23° gledajući okomito na trasu.

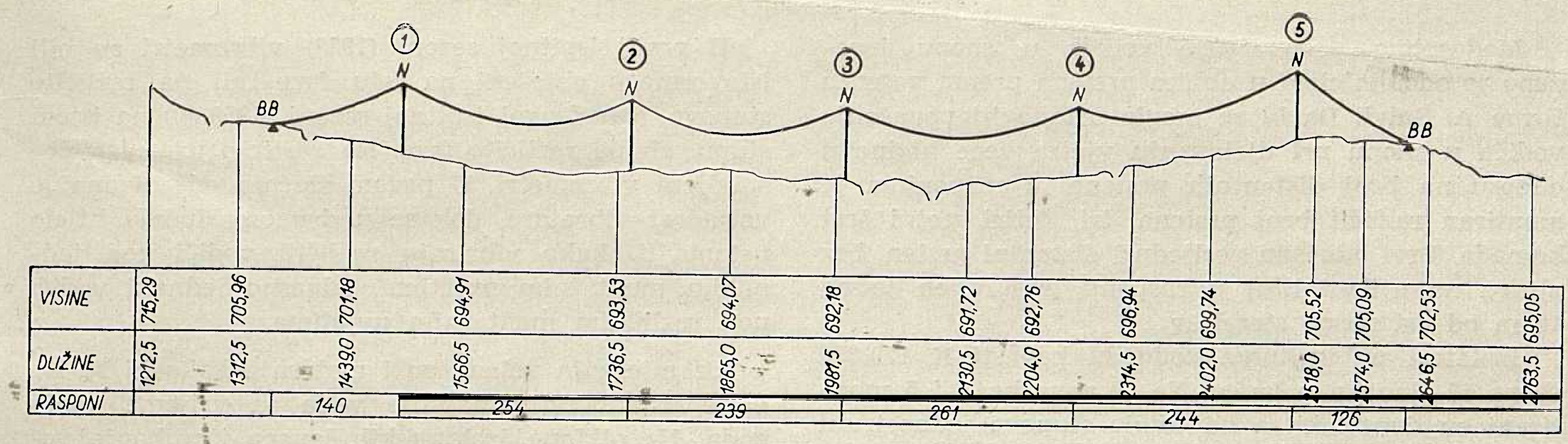
Zbog nepoznavanja tačnih parametara budućeg dalekovoda u vrijeme kad se pristupilo projektiranju

Sl. 3. Ispitni vod Zrmanja



Sl. 5. Nosni stup ispitnog voda Zrmanja





Sl. 4. Uzdužni profil ispitnog voda Zrmanja
N – nosni stup; *BB* – betonski blok

ispitnog voda, a da bi se mogla izvršiti što opsežnija mjerenja i motrenja, odabran je vod sa dvije trojke, od kojih je jedna izvedena jednostrukim vodičima (trojka I), a druga sa po dva vodiča u snopu (trojka II).

Ispitni vod izrađen je s pet stupova, a mjesto zateznih upotrebljeni su betonski blokovi kao sidra. Položaj bloka je takav, da susjedni nosni stupovi (br. 1 i 5) nisu opterećeni većim vertikalnim silama od sila u definitivnoj izvedbi.

Duljina voda bila je 998 m računano između prvog i posljednjeg nosnog stupa odnosno 1316 m između betonskih blokova. Rasponi su se kretali od 239 do 261 m, a razmak između stupova i blokova ovisio je o visini zavješenja vodiča (sl. 4.).

Kao osnovni podaci za određivanje računskog vjetra uzeti su podaci anemografa, koji se nalazio na željezničkoj stanici Zrmanja, a dobiveni su od Hidrometeorološkog zavoda i to za razdoblje od 1935. do 1940. i od 1955. do 1957. Maksimalne godišnje brzine vjetra sređene po veličini iznose:

God.	1940.	1935.	1938.	1939.	1936.	1937.	1956.	1955.	1957.
m/sek	44	40	40	39	34	33	32	28	27

Prema postupku, koji je dao Gibrat određena je maksimalna godišnja brzina vjetra, koja se pojavljuje prosječno svakih 5 godina. Dobivena vrijednost iznosi oko 40 m/sek. Radi izvjesne rezerve odabran je računski pritisak vjetra 130 kg/m², što odgovara brzini vjetra od 45,5 m/sek.

Dodatni teret odabran je $2{,}5 \times 0{,}18 \sqrt{d}$ kg/m kod temperature —5° C. Veličina dodatnog tereta određena je na temelju podataka prikupljenih na probnim rasponima, kao i na temelju podatka o ledu na linijama elektroveza.

Stupovi i užeta računani su s odabranim pritiskom vjetra do visine 30 m, a iznad 30 m računano je s povećanim pritiskom tj. 150 kg/m². Koeficijenti djelovanja vjetra uzeti su prema tadašnjem prijedlogu propisa i to 1,0 za užeta, a 2,5 za rešetkaste četverokutne stupove.

Stupovi su rešetkaste konstrukcije od profilnog čelika s rasporedom vodiča u dvije visine (sl. 5), a dimenzionirani su za poluzbroj susjednih raspona od 250 m. Razmaci između vodiča odnosno vodiča i zaštitnog užeta zadovoljavaju za raspon do 310 m, a određeni su prema prijedlogu novih propisa i prema njemačkim VDE propisima. Fundiranje stupova izvedeno je tako, da je svaki ugaoni štap ubetoniran u poseban temelj pravokutnog presjeka

Radi ispitivanja otpornosti premaza i prikupljanja iskustava za buduće dalekovode stupovi su zaštićeni od korozije raznim premazima. Stupovi br. 1, 4 i 5 premazani su faktis-minijem tri puta, te faktis-temeljnom i faktis-pokrivnom sivom bojom po jedan put. Stup br. 2 premazan je »inertolom 49« tri puta i jedan put »inertolom 50« u tamno-sivom srebrnastom tonu. Stup br. 3 je zaštićen talatnim minijem i talatnom temeljnom bojom po jedan put, te talatnom pokrivnom svijetlo-srebrnastom bojom dva puta.

Vodiči su bili od alučela veće mehaničke čvrstoće presjeka 340/110 mm² i 240/79 mm². Trojka I, opremljena vodičima većeg presjeka nalazila se na lijevoj strani stupova, gledano u smjeru od Knina prema Gračacu. Trojka II opremljena je vodičima manjeg presjeka i to sa po dva vodiča u horizontalnom snopu na razmaku od 380 mm. Maksimalno zatezanje vodiča kod obje trojke iznosilo je 10 kg/mm², uz odabrani dodatni teret i temperaturu. Zaštitno uže je pocinčano čelično presjeka 95 mm² i prekidne čvrstoće 70 kg/mm². Maksimalno naprezanje odabrano je 28 kg/mm² za jednake uslove kao i za vodiče.

Zaštita vodiča i zaštitnog užeta od vibracija provedena je na razne načine, kako bi se mogla odrediti valjanost pojedinih izvedbi. Na stupovima br. 1 i 5 montirani su prigušivači tipa »Stockbridge«, na stup br. 2 tzv. »bretelle« prema francuskoj praksi i na stupu br. 4 prutasti prigušivači (armour rods). Vodiči na stupu br. 3 ostavljeni su bez prigušivača. Na zaštitno uže montirani su prigušivači »Stockbridge« u rasponima između stupova br. 3 i 4, te 4 i 5.

Ovjesni materijal nabavljen je od firme A. Salvi, Milano i to u dvije izvedbe: polukruta i gibiva. Za trojku I upotrebljena je samo polukruta, a za trojku II polukruta i gibiva izvedba. Nosne su stezaljke uzete lagane antimagnetske, a zatezne kompresione. Na svim izolatorskim lancima predviđena je zaštitna armatura i to dolje zaštitni prsten, a gore zaštitni rog. Ovo je učinjeno zato, da ispitni vod u svim detaljima potpuno odgovara normalnoj izvedbi dalekovoda najvišeg napona.

Međusobno pričvršćenje vodiča u snopu izvedeno je odstojnicima u obliku prstena prema patentu firme A. Salvi. Da bi se moglo ustanoviti ponašanje vodiča u snopu pri djelovanju vjetra veće brzine u odnosu na broj distantnih prstena, u rasponima je montiran različit broj prstena, tri, četiri, pet i šest komada. Prvi odnosno posljednji distantni prsten, bez obzira na njihov broj u rasponu, postavljen je na 10 m od osi nosne stezaljke.

Izolatori na ispitnom vodu su kapasti K 170/280 sa po 12 članaka u lancu. Na stupove br. 1 i 5 montirani su dvostruki, a na ostale stupove jednostruki lanci. Na stupu br. 1 položaj svih lanaca je paralelan s osi trase kao i na stupu br. 5 za lance I trojke. Izolatorski lanci trojke III na tom stupu stoje okomito na os trase.

Svi stupovi su uzemljeni sa po dva okvira od pocinčanog čeličnog užeta presjeka 50 mm². Blokovi za sidrenje su također uzemljeni s pocinčanom trakom 30 × 3,5 mm, kojom su međusobno povezani.

Nakon prve ispitne sezone izvršene su neke izmjene na ispitnom vodu u nastojanju, da se dobije što više različitih podataka. Na stupovima su obilježeni velikim slovima vodiči obiju trojki i numerirani su stupovi od 1 do 5 u smjeru Knin — Gračac, što je znatno olakšalo rad ispitnih ekipa, a time su otklonjene i eventualne zabune u radu.

Da bi se mogla ustanoviti ovisnost između sile zatezanja i vibriranja vodiča, smanjeno je naprezanje vodiča B i E na cca 9 kg/mm². Osim toga, da bi se eventualno utvrdila razlika u otklonu izolatorskih lanaca između horizontalnog i vertikalnog snopa, postavljeni su vodiči u fazi C u vertikalan položaj. U drugoj ispitnoj sezoni osobita je pažnja posvećena vodičima na kojima su učinjene izmjene.

MJERENJA

Radi prikupljanja meteoroloških podataka uz ispitni vod na Zrmanji uspostavljena je klimatološka stanica III reda.

Na zgradi, koja je podignuta uz sam vod, postavljen je registracioni instrument za mjerenje srednje satne i trenutne brzine vjetra i njegovog smjera. U neposrednoj blizini zgrade nalazila se termometrijska kućica u kojoj su smješteni psihrometar (suhi i mokri termometar), maksimalni i minimalni termometar, a nešto dalje od zgrade brdski kišomjer, koji je zbog snježnih vijavica bio zaštićen zaštitnim prstenom.

Osim meteoroloških mjerenja na ispitnom vodu mjereni su kutovi otklona izolatorskih lanaca inklinometrima. Inklinometri su izrađeni kod nas prema uzorku, koji smo dobili od Electricité de France (E. d. F.). Vibracije vodiča registrirane su vibrometrima tipa »Zenith«. Za mjerenje sila u vodičima upotrebljeni su dinamometri tipa »Edison P₂«, kojim je omogućeno mjerenje bez prekidanja užeta. Potrebno je odmah naglasiti, da su dobiveni rezultati mjerenja dinamometrima toliko nesigurni, da se nismo mogli u nastavku na njih ni osvrnuti.

Kutevi otklona izolatorskih lanaca mjereni su na svim fazama stupova br. 2 i 3 i 4. Poteškoće oko dobivanja specijalnog papira za inklinometre onemogućile su, da se mjerenja provedu u većem opsegu.

U prvoj ispitnoj sezoni (1959) vibrometri su bili istovremeno obješeni na istu fazu, ali na različite stupove, a u drugoj ispitnoj sezoni (1959/60) na istom stupu, ali na različite faze. Na zaštitno uže nisu postavljeni vibrometri. U prvom slučaju određivana je valjanost vibratora, dok se u drugom slučaju htjelo ustanoviti, kako vibriraju različiti vodiči pod jednakim montažnim uvjetima, odnosno jednaki vodiči pod različitim montažnim uvjetima.

Uz mjerenja vršena su i motrenja kako bi se što bolje ustanovilo ponašanje voda za vrijeme nepogoda. Uz otklone izolatorskih lanaca i njihanje vodiča, osobita pažnja je bila posvećena promatranju vodiča u snopu, ovo tim više, jer su iskustva s vodičima u snopu i u ostalim zemljama dosta oskudna. Nekoliko puta je zapažena pojava plesanja vodiča, pojava dosta rijetka i nedovoljno razjašnjena. Sva su ta motrenja i zapažanja prilično, ali ne uvijek objektivno opisana u dnevnicima, koje su vodile ispitne ekipe.

S mjerenjima se počelo početkom januara 1959. U tu svrhu bile su organizirane ekipe po dva čovjeka koje su se izmjenjivale svakih 15 dana. Ekipe su davala poduzeća »Elektroprenos« Zagreb, »Elektroprenos« Split i »Dalekovod« Zagreb. Za smještaj ekipa sagrađena je uz ispitni vod mala kuća, skromno, ali udobno opremljena.

REZULTATI MJERENJA

Meteorološka mjerenja

Izbor instrumenata za mjerenje brzine vjetra osobito je važan, jer mnoge pojave na dalekovodima (npr. vibracije) koje se normalno ispituju i mjere na ispitnim vodovima, ovise o brzini vjetra. Za rezultate mjerenja tih pojava može se reći, da nemaju neke veće praktične vrijednosti, ako u isto vrijeme nisu poznate brzine vjetra, koje su ih prouzrokovale. U prvom redu baš iz tih razloga je i postavljen anemograf na ispitnom vodu, dok je od sporednijeg značenja bilo prikupljanje podataka o brzini vjetra za dimenzioniranje dalekovoda na tom području. Naime na Zrmanji se već od prije više godina nalazi anemograf na željezničkoj stanici, te su na temelju rezultata mjerenja dobivenih tim anemografom dimenzionirani stupovi ispitnog voda, kako je to prije spomenuto.

U dogovoru sa stručnjacima Hidrometeorološkog zavoda Zagreb, odabran je kao najpovoljniji instrument univerzalni mehanički anemograf, koji uz smjer vjetra mjeri i srednju satnu brzinu te trenutnu brzinu (udar) vjetra.

Iz anemograma dobiveni su maksimalni udari vjetra, zatim srednje satne brzine, za period kad je nastupio maksimalni udar, te smjer i dnevne minimalne srednje satne brzine. Apsolutni maksimalni udar vjetra za to razdoblje zabilježen je 8. 2. 1960. i iznosi 31 m/sek. Na temelju dobivenih podataka proizlazi, da vjetrovi najveće brzine pušu iz smjera sjeversjeveroistok (N NE) i da je to ujedno najčešći smjer vjetra, koji se pojavljuje tokom jednog mjeseca.

Mjerenju veličine ledenog ovjesa na ispitnom vodu nije posvećena veća briga, jer je na Zrmanji već otprije podignuta stanica za ispitivanje pojave leda na vodičima. Ova se stanica sastoji iz dva raspona s vodičima raznog presjeka i raznog materijala. Smjer jednog raspona podudarao se sa smjerom najjačeg vjetra, a drugi je bio okomit na taj smjer. O rezultatima mjerenja leda na toj i ostalim stanicama napisao je elaborat prof. B. K i r i g i n god. 1956.

Na ispitnom vodu vođena je ipak evidencija o pojavi leda na vodičima, međutim rezultati mjerenja nisu dovoljni za donošenje nekih konkretnih zaključaka, jer je zaleđivanje vodiča po veličini ovjesa i broju pojava u toku ispitnih sezona bilo neznatno. Na temelju tih mršavih podataka može se ustanoviti, da se led odnosno snijeg skuplja na strani vjetra, te da je debljina kore leda uvijek tanja od minimalne debljine kore leda, koja se dobije računskim putem uvažujući naše propise.

Minimalna temperatura bila je —20° C i zabilježena je 11. 2. 1959.

Ostali podaci meteoroloških mjerenja prikupljeni su direktno od hidrometeoroloških zavoda (npr. količine oborina), koji međutim nisu interesantni za dalekovode.

Otklon izolatorskih lanaca

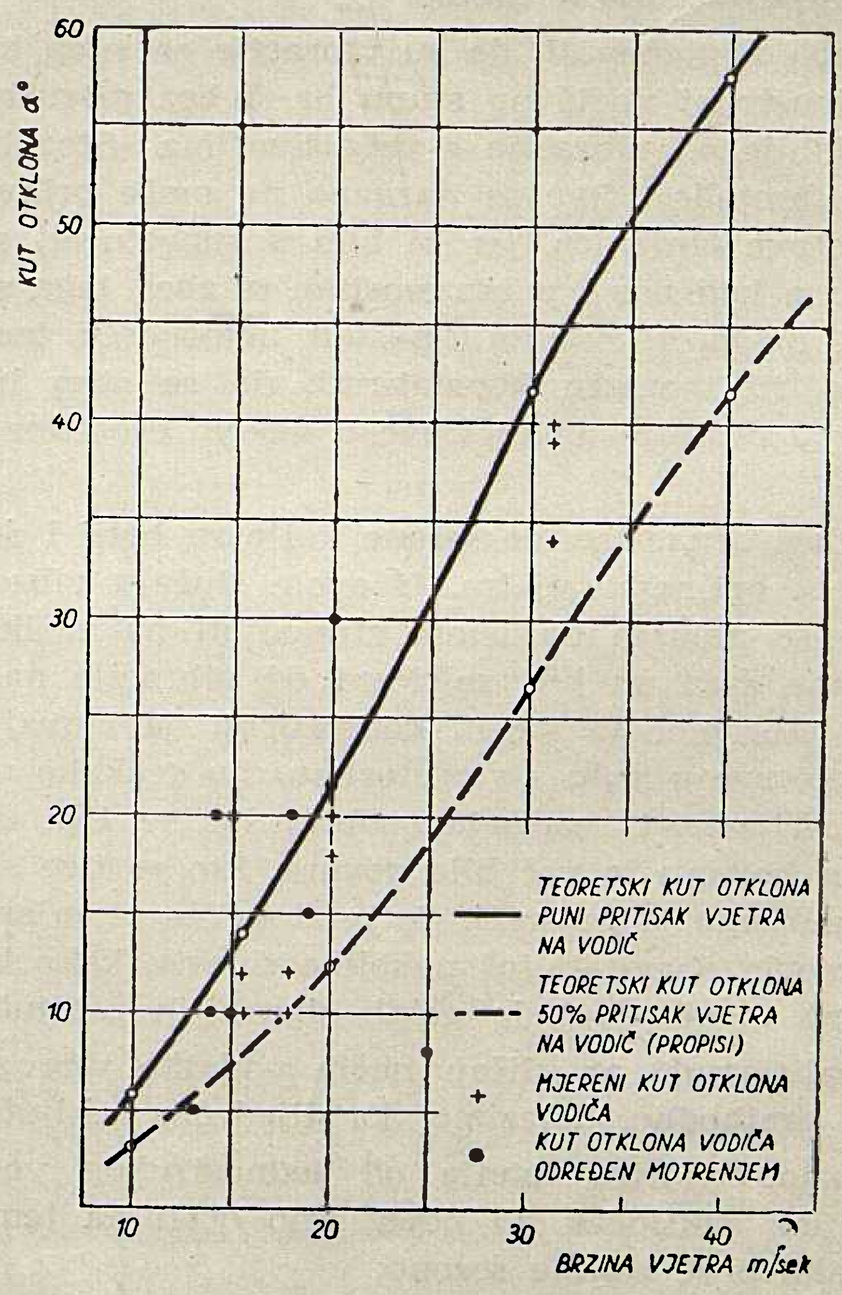
Podaci o otklonu izolatorskih lanaca dobiveni su mjerenjem inklinometrima, koji su se više dana nalazili na izolatorskim lancima. Kroz to vremensko razdoblje anemografi su zabilježili maksimalne udare vjetra, tako da je bilo moguće za svaki kut otklona odrediti i maksimalni udar vjetra. Osim toga kutovi otklona izolatorskih lanaca određivani su i motrenjem, koje podatke su ispitne ekipe unosile u dnevnike. Za vrijeme prve ispitne sezone do konca februara ispitni vod nije bio opremljen anemografom, pa za taj period nema podataka o brzini vjetra. Kasnije tj. u martu i aprilu motritelji ne navode u dnevnicima kuteve otklona lanaca, vjerojatno zbog prilično slabe učestalosti većih brzina vjetra.

U drugoj ispitnoj sezoni uz kuteve otklona izolatorskih lanaca navedeni su i maksimalni udari vjetra očitani na anemografu. Ovaj put su motrenja bila popraćena opširnijim opisom, ali sve u svemu vidi se, da su veličine kuteva dosta netačno procjenjivane i glavna vrijednost tih zapažanja je u relativnim veličinama kuteva otklona pojedinih vodiča.

Maksimalni kut otklona lanaca određen mjerenjem iznosi 40° za vodiče u snopu faze B, a za jednostruki vodič za fazu D, taj kut iznosi 30°, obje vrijednosti uz brzinu vjetra od 31 m/sek. Maksimalni kutevi otklona ustanovljeni motrenjem iznose 45°—55°, pa čak i 60°. U dnevniku je navedeno da je kut otklona od 60° zapažen pri orkanskoj buri, ali se ne navodi na koje vodiče se to odnosi. Posljednja vrijednost izgleda nešto pretjerana i ako je zapažena dva puta, ali samo tokom prve ispitne sezone. Za vrijeme druge ispitne sezone zabilježeni su motrenjem najveći kutevi otklona za snop 30° i za jednostruki vodič 25°.

Mjerenja i motrenja pokazuju, da se vodiči u snopu jače otklanjaju, nego jednostruki, što ne iznenađuje, jer je kut otklona uz istu brzinu vjetra ovisan o odnosu težine i promjera vodiča te koeficijentu djelovanja vjetra. Što je ovaj odnos manji to je kut otklona veći i obratno. Za jednostruki vodič ovaj odnos je veći, nego za vodiče u snopu, pa su prema tome i dobiveni rezultati u redu. Tek kod jednakih vodiča mogla bi se ustanoviti eventualna razlika u otklonu između jednostrukog vodiča i snopa, ali uspoređujući veličine kuteva otklona između horizontalnog i vertikalnog snopa, dolazi se do zaključka da su ove razlike neznatne. Prema našim propisima nema razlike između kutova otklona jednakih vodiča bez obzira, da li se radi o jednostrukom vodiču ili snopu u horizontalnom ili vertikalnom položaju. Izgleda, da gornja konstatacija prema tome potvrđuje teoretske pretpostavke.

Svi podaci o veličini kutova otklona izolatorskih lanaca dobiveni mjerenjem i motrenjem uneseni su u dijagrame u kojima su ucrtane krivulje teoretskih kutova otklona (sl. 6 i 7). Krivulje su izračunane za puni pritisak vjetra, te za 50 % pritiska vjetra kako to predviđaju naši propisi. Kako je iz dijagrama vidljivo, mjerene i zapažene veličine kutova otklona nalaze se uglavnom, osim nekoliko iznimaka, između krivulja teoretskih kutova otklona. Za snop kao lakše vodiče te vrijednosti se više približuju gornjoj krivulji izračunanoj za puni pritisak vjetra, dok su za jednostruki teži vodič ti podaci bliži donjoj krivulji, koja odgovara propisima. Za vodiče u snopu razlike između izmjerenih i izračunanih vrijednosti u smislu propisa, kreću se od 20—74 %, a za jednostruki vodič od 17—50 %. Veći procenat odnosi se na manje brzine vjetra i obratno.



Sl. 6. Kut otklona izolatorskog lanca za vodič u snopu alučel 240 mm²

Iz dijagrama se može izvući zaključak, da je računanje kuta otklona sa 50 % pritiska vjetra, kako to predviđaju naši propisi, nedovoljno i da bi trebalo računati kut otklona barem sa 70 % pritiska vjetra.

Pored navedenog iz podataka proizlazi, da razlika u zatezanju vodiča nije došla do izražaja u veličini kuta otklona lanaca, što se moglo i očekivati. Motritelji u više slučajeva navode, da se faze B i E, koje su slabije zategnute, jače njišu. Ovdje se ne radi o većem kutu otklona, nego o većem razmaku između vertikalnog i otklonjenog položaja vodiča zbog većih provjesa. Ako tome dodamo, da se vodiči s većim provjesom (njihalo) sporije njišu, onda se može dobiti utisak kao da se vodiči jače njišu odnosno više otklanjaju.

Vibracije vodiča

Najprije ćemo se osvrnuti na rezultate mjerenja, koji su dobiveni u prvoj ispitnoj sezoni, kad su vibrometri bili istovremeno postavljeni na istu fazu, ali na različite stupove i kad još nije bilo anemografa.

Analizirajući vibracije zabilježene na vibrografima, teško je doći do nekih logičnih zaključaka iz kojih bi se mogla bez daljnjega utvrditi valjanost pojedinih prigušivača. Potrebno je bilo naći prosječne vibracije ne bi li iz te šarolikosti bar donekle dobili podatke na temelju kojih bi se ipak moglo doći do konkretnijih zaključaka. Dobivene prosječne vibracije kažu, da su vodiči u snopu nešto slabije vibrirali od jednostrukih vodiča i da se prigušivači mogu svrstati po valjanosti bez obzira na vodiče ovim redom: prutasti prigušivači (armour rods), »Stockbridge« i »bretelle«, uz napomenu, da su razlike između posljednja dva tipa neznatne.

Treba napomenuti, da su vibracije za snop kao i za jednostruki vodič na stupu br. 3 bez prigušivača bile slabije od vibracija s prigušivačima »Stockbridge« i »bretelle«. Ovo se naravno ne može prihvatiti kao gotova činjenica, jer bi bilo u suprotnosti s iskustvima kod nas i u inozemstvu, te zbog toga smatramo, da su ti rezultati nastali netočnošću instrumenata ili moramo konstatirati, da se stup br. 3 nalazio s obzirom na vjetrove u nekom osobitom položaju.

Podaci druge ispitne sezone nešto su bolji i dopunjeni su brzinama vjetra. U ovom slučaju vibrometri su se nalazili na istom stupu, ali na različitim vodičima, koji su bili zaštićeni od vibracije na isti način. Moramo, na žalost, konstatirati da i ovaj put nije bilo sve u redu s vibratorima, što svakako umanjuje vrijednost rezultata osobito što se tiče stupa br. 3 o kojemu je već bilo govora. Što se tiče stupa br. 3 možemo jedino reći, da je šteta što se mjerenja nisu mogla obavljati još nekoliko sezona, kako bi se konačno moglo doći do nekih sigurnijih zaključaka.

Analizirajući na sličan način podatke vibrografa kao i prethodno, dolazimo do slijedećih zaključaka:

a) snop vibrira manje od jednostrukog vodiča, dakle isti zaključak do kojeg smo došli na temelju podataka prve ispitne sezone;

b) ustanovljeno je jače vibriranje vodiča za brzine vjetra do 6 m/sek, nego za brzine od 6 do 15 m/sek;

c) da slabije zategnuti vodiči slabije vibriraju od jače zategnutih;

d) da je redoslijed valjanosti prigušivača jednak redoslijedu koji je već prije ustanovljen.

Treba opet naglasiti, da su rezultati mjerenja dosta nesigurni, ali usprkos tome čini nam se, da su zaključci do kojih smo došli dosta realni i logični, te prema tome mogu se korisno upotrebiti prilikom izrade projekata dalekovoda.

Distantni prsteni

Radi sprečavanja međusobnog dodirivanja vodiča u snopu, vodiči su u rasponima pričvršćeni distantnim prstenima. Broj prstena za pojedine raspone varira i u prvom rasponu između stupa br. 1 — 2 umontirano je pet prstena, a u drugom rasponu tri, u trećem četiri i u četvrtom rasponu šest prstena.

Motrenjem je ustanovljeno, da je do približavanja ili dodira između vodiča u snopu najviše dolazilo sa tri distantna prstena, manje sa četiri, vrlo rijetko sa pet i nikada sa šest distantnih prstena. Do dodirivanja vodiča nije dolazilo istovremeno u svim fazama, a ni duž čitavog raspona, nego u pojedinim dijelovima raspona odijeljenim odstojnicima.

Na dva mjesta zabilježeno je u dnevniku, koji je vođen u prvoj ispitnoj sezoni, da je došlo do sudaranja u svim rasponima. Navedeni podatak ne može se smatrati posve pouzdanim, jer je tada bilo veliko nevrijeme i veoma slaba vidljivost. Ova pojava međutim nije ni jedan put spomenuta u dnevniku motritelja druge ispitne sezone, kad su stupovi i vodiči bili obilježeni i kad su motritelji pristupili poslu s više iskustava. Sigurno nećemo pogriješiti, ako ustvrdimo da u rasponu sa šest odstojnika nije dolazilo do sudaranja između vodiča.

Sudaranje vodiča češće je zapaženo u fazi B, koja je slabije zategnuta, nego u fazi A. Može se otprilike uzeti, da je do dodirivanja u fazi B dolazilo kad je brzina vjetra iznosila 13—15 m/sek, a u fazi A iznad 15 m/sek.

Ponašanje faze C u kojoj su vodiči postavljeni vertikalno može se usporediti s jednostrukim vodičima. U prvom redu potrebno je napomenuti, da nikada nije zapaženo sudaranje vodiča u vertikalnom snopu i da su se oni mirno njihali u taktu vjetra, dok su se istovremeno vodiči u horizontalnom položaju uvijali i nemirno njihali.

Iz gore navedenog može se donijeti nekoliko zaključaka:

a) za područja jačih vjetrova (otprilike iznad 20 m/sek) razmak između odstojnika u rasponu ne treba da bude veći od 60 m;

b) ponašanje vodiča u snopu u vertikalnom položaju bez obzira na broj odstojnika, znatno je stabilnije od snopa u horizontalnom položaju i ne razlikuje se od jednostrukog vodiča;

c) smanjenjem zatezanja vodiča povećava se mogućnost sudaranja, dakle slabije zategnuti vodiči za iste klimatske prilike moraju imati veći broj odstojnika u rasponu;

d) za brzine vjetra do 12 m/sek može se uzeti, da ne dolazi do međusobnog dodira između vodiča u horizontalnom snopu.

O ponašanju vodiča u snopu prilikom zaleđivanja nema nikakvih podataka, jer je u obje ispitne sezone došlo u par navrata do neznatne pojave leda na vodičima.

Plesanje vodiča (galopiranje)

Za vrijeme ispitnih sezona zapaženo je nekoliko puta tzv. plesanje vodiča. Prilikom plesanja vodiči se njišu otprilike u vertikalnoj ravnini u smjeru voda malom frekvencijom i velikim amplitudama. Ova pojava, o kojoj se malo ili uopće ne vodi računa pri električnom dimenzioniranju stupova, dosta je rijetka i u stručnoj literaturi je o njoj malo napisano. U ruskoj literaturi navodi se, na primjer, da se plesanje vodiča najčešće pojavljuje kod brzine vjetra od 6 do 18 m/sek, koji ima rafalni karakter, a kut upada vjetra na vod iznosi od 30^0 — 50^0. Plesanje se podržava dok se ne promijeni brzina ili karakter vjetra.

Iz bilježaka u dnevnicima koje se odnose na plesanje vodiča uzimajući u obzir smjer i brzinu vjetra iz anemograma, može se doći donekle do sličnih konstatacija kao onih u ruskoj literaturi. Naravno to su skromni zaključci i tek nakon dugogodišnjeg promatranja mogli bi se s nešto većom sigurnošću ustanoviti razlozi koji dovode do plesanja i odrediti područja u kojima bi se mogla očekivati pojava plesanja. Ruska iskustva također govore o poteškoćama, da bi se unaprijed odredila područja na kojima se može očekivati pojava plesanja vodiča.

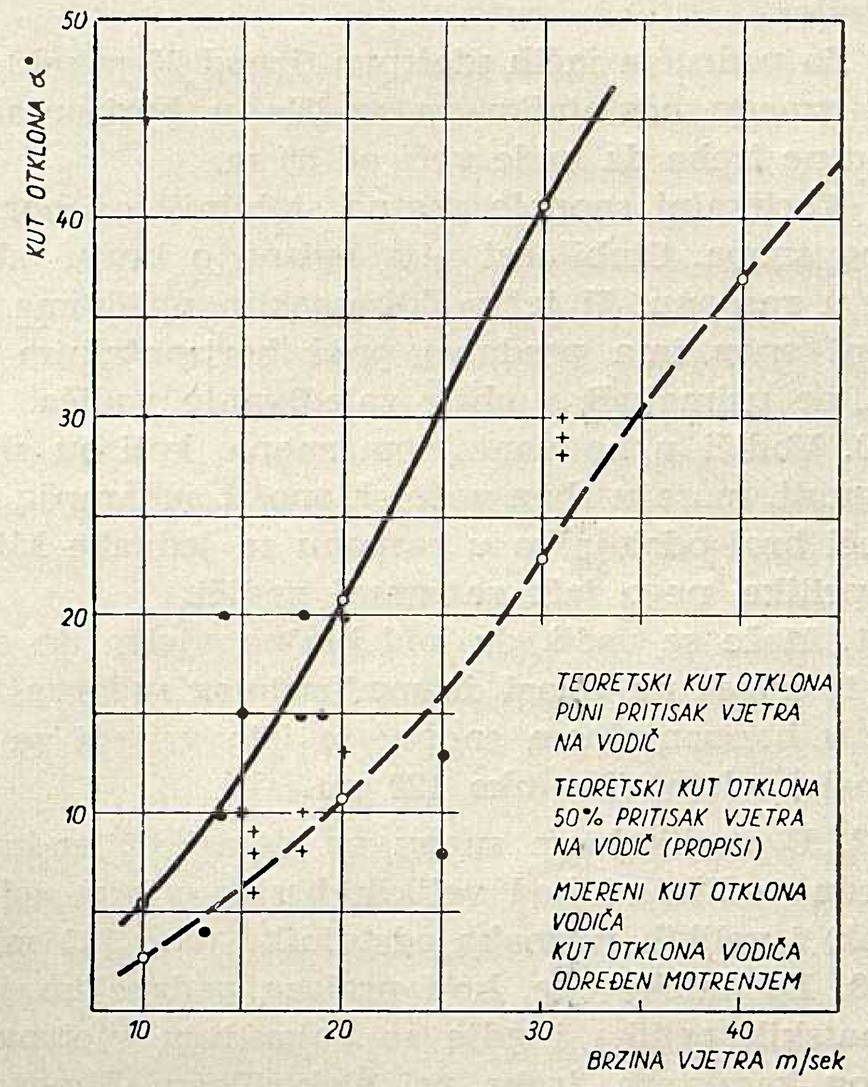
Plesanje vodiča zapaženo je na jednostrukim vodičima i na vodičima u vertikalnom snopu. Jedan put ja zabilježeno plesanje i ostalih vodiča u snopu, ali pojava nije sasvim jasno opisana, pa postoji sumnja da li se to odnosi na horizontalan snop ili ne. Iz toga se ipak ne bi moglo zaključiti, da je snop u vertikalnom položaju više sklon plesanju, tim više, što je ta pojava zapažena samo dva puta.

Prvi put je zapaženo plesanje sva tri jednostruka vodiča između stupa br. 1 i 2 uz brzinu vjetra od 18 m/sek i uz neznatnu pojavu leda na vodičima (debljina kore oko 2 mm). Drugi put je jako plesala faza C (vertikalan snop) u rasponu između stupa br. 4 i 5, dok je u drugim rasponima tj. prema stupu br. 3 i sidrištu plesanje bilo slabije. Istovremeno je zapaženo plesanje faza D u rasponu između stupa br. 1 i 2, ali slabije od faze C. Izolatorski lanci su se također njihali u smjeru trase. Brzina vjetra iznosila je oko 20 m/sek. Slična pojava ponovila se idući dan, ali samo za fazu C i u rasponu između stupa br. 1 i 2 i to u blažoj mjeri. Brzina vjetra bila je oko 18 m/sek uz neznatnu naslagu inja, koje se dosta brzo otopilo.

Kvaliteta zaštite od korozije

Nakon završetka izgradnje dalekovoda 220 kV Split — Zagreb pregledani su svi stupovi, pa i oni koji su pripadali ispitnom vodu. Tom prilikom je ustanovljeno, da na stupovima br. 1, 4 i 5, koji su zaštićeni od korozije premazom faktis-boje, na spojevima izbija rđa, a na stupu br. 4 na pojedinim mjestima boja i otpada. Na stupu br. 3, koji je premazan talatnim bojama, na više mjesta otpada boja i lošije je kvalitete nego faktis tamno siva. Na stupu

Sl. 7. Kut otklona izolatorskog lanca za jednostruki vodič alučel 340 mm²



br. 2, koji je premazan inertolom, boja je na više mjesta poskočila, ali u odnosu na ostale stupove ovaj premaz se pokazao kao najbolji.

Moglo bi se reći, da je iskustvo s premazima, koji su upotrebljeni na ispitnom vodu veoma loše, jer je starost premaza jedva tri godine. Zaključak bi bio netačan, kad bi tvrdili da ovi premazi ne vrijede, ali je sumnja u kvalitetu izrade opravdana. Svakako ovo je opomena, koja upozorava, da bojadisanju dalekovodnih stupova treba pristupiti stručno i s bogatim iskustvom.

ZAKLJUČAK

Iz izlaganja u ovom članku, koja baziraju na mjerenjima i motrenjima provedenima na ispitnom vodu Zrmanja, mogu se izvesti slijedeći konačni zaključci:

1. Kut otklona izolatorskih lanaca trebalo bi računati barem sa 70 % pritiska vjetra na vodiče, a ne samo 50 % kako predviđaju naši propisi.

2. Otklon vodiča ovisi o odnosu težina i promjera vodiča, a ne o rasporedu i broju vodiča po fazi. Iz pojave otklona vodiča slijedi također, da su horizontalne sile, prouzrokovane pritiskom vjetra na vodiče za horizontalni i vertikalni snop, skoro jednake. Prema tome ne treba smanjivati pritisak vjetra na vodič u zavjetrini za horizontalni snop, kako to na pr. predviđaju njemački propisi VDE.

3. Razlike u zatezanju ne utječu na kut otklona izolatorskih lanaca.

4. Vodiči u snopu manje vibriraju od jednostrukih vodiča.

5. Vibracije su nešto jače za brzine vjetra do 6 m/sek, nego za brzine od 6 do 15 m/sek za jednostruki vodič, kao i za vodiče u snopu.

6. Slabije zategnuti vodiči slabije vibriraju, jednostruki i u snopu.

7. Redoslijed valjanosti prigušivača je slijedeći: prutasti prigušivači (armour rods), »Stockbridge« i »bretelle«.

8. Za područja jačih vjetrova (iznad 20 m/sek) razmak između odstojnika za vodiče u horizontalnom snopu ne treba da bude veći od 60 m.

9. Vertikalni snop je znatno stabilniji od horizontalnog snopa. Stabilnost nije ovisna o broju odstojnika u rasponu. U težim klimatskim prilikama vertikalni snop ima prednost pred horizontalnim snopom, ne uzimajući u obzir zaleđivanje vodiča.

10. Vodiči u horizontalnom snopu, koji su slabije zategnuti, moraju zbog veće sklonosti sudaranju imati veći broj odstojnika u rasponu za jednake klimatske prilike, nego jače zategnuti vodiči.

11. Može se uzeti, da kod brzina vjetra do otprilike 12 m/sek ne dolazi do međusobnog sudaranja vodiča u horizontalnom snopu; to isto vrijedi za veće razmake odstojnika (oko 120 m).

12. U vertikalnom snopu ne dolazi do sudaranja između vodiča ni kod velikih brzina vjetra (oko 30 m/sek) i velikih razmaka odstojnika (oko 120 m).

13. Za dalekovode, koji prolaze područjem teških klimatskih prilika i gdje se pojavljuju vjetrovi rafalnog karaktera, treba pri električnom dimenzioniranju stupova uzeti u obzir i plesanje vodiča.

14. Bojadisanje stupova dalekovoda treba uvijek izvoditi pod stručnim nadzorom.

15. Maksimalni udari vjetra i težina ledenog ovjesa izmjereni odnosno zapaženi tokom ispitnih sezona manji su od veličina dobivenih prijašnjih godina.

Na kraju bi htjeli naglasiti, da je velika šteta što ispitni vod, jedini takve vrste u Jugoslaviji, nije mogao ostati dalje u upotrebi, jer bi se time dobili kvalitetniji rezultati koji bi se još korisnije mogli upotrebiti pri projektiranju naših dalekovoda uopće, a osobito dalekovoda najvišeg napona.

Literatura

R. Škarica, *Ispitni vod Zrmanja,* Institut za elektroprivredu Zagreb.

B. Kirigin, *Vjetar, zaleđivanje, maksimalne i minimalne temperature na području NR Hrvatske,* Zagreb 1956.

B. Kirigin, *Brzine vjetra na području NR Hrvatske,* Zagreb, 1958.

H. Mors, K. W. Bauer, M. Erich, *Sollicitation des conducteurs exposés à la poussée du vent. Station expérimentale de la Hornisgrinde,* CIGRE 1956, Rapport 220.

W. Leibfried, H. Mors, *Le comportement mécanique des conducteurs en faisceau et simples. Nouvelles mesures effectuées á la station d'essais de Hornisgrinde,* CIGRE 1960, Rapport 209.

A. A. Glazunov, *Osnovi mehaničeskoi časti vazdušnih linii elektroperedači,* Tom I, Moskva 1956.

Naslov pisca: Ing. Ranko Škarica, »Dalekovod«, Zagreb, Proleterskih brigada 37

TRANSFORMATORSKA STANICA 220/110 kV MRACLIN

Boris Lipnjak, Zagreb

U području Zagreba, Rijeke, Maribora i Ljubljane potrebno je u razdoblju 1962–1970. prenijeti maksimalne snage od 268 do 378 MW, od čega u šire područje Zagreba 139 do 284 MW. Investicioni program stanice predvidio je u I etapi dva transformatora po 150 MVA i dva vodna polja 220 kV za priključke iz Splita i Jajca. Iz razloga štednje odobren je samo jedan transformator i vodno polje HE Split, jer se vodom Jajce–Zagreb može prenijeti snaga od 100 MW; ukupna snaga od 250 MW zadovoljava potrebe I etape. Konačna izgradnja predviđa tri transformatora od ukupno 450 MVA za potrebe u daljnjoj perspektivi. Stanica je smještena južno od Zagreba kao težišta opterećenja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Dne 6. veljače 1962. stanica je puštena u provizorni pogon, što predstavlja značajan uspjeh.

DK 621.311.4

UVOD

S obzirom na stalan porast potrošnje električne energije u sjeverozapadnom području Jugoslavije, koje ima jako razvijenu industriju i velik je potrošač električne energije, treba taj kraj povezati s južnim obalnim područjem, koje je karakteristično po proizvodnim mogućnostima.

Velike elektrane koje su izgrađene ili su u gradnji na rijekama južnog jadranskog sliva Cetini, Neretvi, Trebišnjici i dalje Morači i Zeti, predstavljaju oko 20 % ukupnog neto-potencijala vodnih snaga Jugoslavije, a njihove proizvodnje znatno premašuju potrebe tamošnjih konzumnih područja, pa ih je potrebno povezati s ostalim područjima, gdje postoje znatni manjkovi energije.

Kako se radi o prijenosu velikih količina energije i snage na relativno velike udaljenosti, dolazi u obzir samo prijenos s naponom 220 kV. Takva jedna normalna veza između proizvodnog i potrošačkog područja je dalekovod 220 kV Split—Mraclin i TS 220/110 kV Mraclin, jer je težište ovog potrošačkog područja upravo šire područje Zagreba sa svojom razvijenom industrijom, a praktički bez većih izvora električne energije.

Izgradnja dalekovoda 220 kV Split—Mraclin i transformatorske stanice 220/110 kV Mraclin bila je usvojena u prijedlogu plana za perspektivni razvoj elektroprivrede Jugoslavije za razdoblje od 1960—64, koji je 1957. izradila Zajednica jugoslavenske elektroprivrede na temelju elektroenergetske bilance, sastavljene od prikupljenih i provjerenih podataka o konzumu. Na temelju ovog prijedloga donijelo je Savezno izvršno vijeće odluku koncem 1958. o gradnji transformatorske stanice 220/110 kV Mraclin, dalekovoda 220 kV Split—Mraclin, kao i ostalih objekata prijenosne mreže.

ENERGETSKO OPRAVDANJE I IZBOR VELIČINE TRANSFORMACIJE

U investicionom programu koji je izrađen za transformatorsku stanicu 220/110 kV Mraclin bio je detaljno razrađen energetski dio tj. bile su izrađene elektroenergetske bilance za cijelu Jugoslaviju, koje su bile bazirane na podacima iz elaborata Zajednice jugoslavenske elektroprivrede »*Prijedlog za perspektivni razvoj elektroprivrede Jugoslavije*«, maj 1957.

Ove bilance rađene su po područjima prema ocjeni lokacija budućih transformatorskih stanica 220/110 kV te su kod toga određeni dnevni i noćni viškovi odnosno manjkovi snage i energije po karakterističnim mjesecima. Na temelju ovih bilanca bilo je moguće odrediti potrebe prijenosa snage i energije za pojedina područja, pa se tako došlo do rezultata, da u sjeverozapadno područje (Zagreb, Rijeka, Maribor, Ljubljana) treba prenijeti maksimalne snage

1962.	1965.	1970.
268 MW	284 MW	378 MW

Za šire područje Zagreba potrebno je pak prenijeti maksimalne snage

1962.	1965.	1970.
139 MW	195 MW	284 MW

U daljnjoj perspektivi za cca 25—30 godina manjak snage u zagrebačkom području iznosit će cca 350—400 MW, što će biti potrebno dopremiti putem mreže 220 kV iz suficitnih područja.

Za prijenos ovih snaga do 1965. potrebna su dva dalekovoda 220 kV i transformatorska stanica 220/110 kV s instaliranom snagom od 2 × 150 MVA. Jedan od ovih dalekovoda već je prije izgrađen (Jajce — Zagreb), samo što privremeno radi kao dvostruki dalekovod 110 kV. Drugi je upravo dovršeni dalekovod 220 kV Split—Mraclin, a transformatorska stanica 220/110 kV izgrađena je u Mraclinu.

Investicioni program za TS 220/110 kV Mraclin predvidio je na temelju izvršene energetske razrade u I etapi dva transformatora po 150 MVA i dva dalekovodna polja 220 kV za priključak dalekovoda iz Splita i Jajca.

Međutim na samoj reviziji investicionog programa smanjen je opseg izgradnje I etape u ovom dijelu 220 kV s time, što je odobren samo jedan transformator od 150 MVA i dalekovodno polje za priključak dalekovoda iz Splita. Kod toga se komisija rukovodila razlozima štednje investicionih sredstava, kao i činjenicom koja je bila potvrđena dosadašnjom praksom, da se preko dalekovoda 2 × 110 kV Jajce—Zagreb može prenijeti 100 MW. Na taj način moguće je u čvorištu Mraclin prenijeti 250 MW (150 MW iz Splita preko transformacije i 100 MW direktno iz Jajca), što bi za I etapu uglavnom zadovoljavalo potrebe prema izrađenim bilancama.

U konačnoj izgradnji transformatorske stanice predviđena su tri transformatora po 150 MVA što će zadovoljiti i u daljnjoj budućnosti.

LOKACIJA

Na temelju studije *Čvorišta mreže superponiranog napona u Hrvatskoj*, koju je izradio Institut za elektroprivredu u Zagrebu, predviđena je izgradnja transformatorske stanice 220/110 kV u blizini Zagreba, gdje se nalazi težište opterećenja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Budući da je Zagreb sa svojom širom okolicom najveći potrošač u ovom području, a to će ostati i u budućnosti, to znači, da je ispunjen uvjet, da transformatorska stanica bude smještena u centar konzuma.

U početku će opskrbno područje ove transformatorske stanice biti mnogo šire, jer će se u njoj transformirati sva energija, koja nedostaje čitavom sjeverozapadnom elektroenergetskom sistemu (sjeverozapadna Hrvatska i Slovenija), a koja će se putem dalekovoda 220 kV prenositi iz Dalmacije i Bosne. U kasnijoj etapi, kada na ovom području budu izgrađene i druge transformatorske stanice 220/110 kV, transformatorska stanica Mraclin bit će glavna pojna tačka za Zagreb te područje od Gojaka do Međurića.

Kod određivanja uže lokacije bile su razmotrene dvije varijante, i to jedna kod Klinča-Sela, jugozapadno od Zagreba, a druga kod Mraclina na jugoistočnoj strani Zagreba. Varijanta kod Mraclina bila je povoljnija u pogledu raspleta vodova, a dala je i jeftinije rješenje s obzirom na izgradnju vodova, pa je i prihvaćena.

Međutim treba konstatirati da bi obzirom na Zagreb, kao budućeg glavnog potrošača ove stanice, mnogo povoljnija lokacija bila na potezu između Klare i Velike Gorice, kod čega bi se znatno skratili pojni vodovi za Zagreb. Ta lokacija nije mogla biti prihvaćena, jer se na tom potezu nalazi aerodrom Pleso, a predviđena je i izgradnja još jednog velikog aerodroma kod Botinca.

KOMPENZACIJA

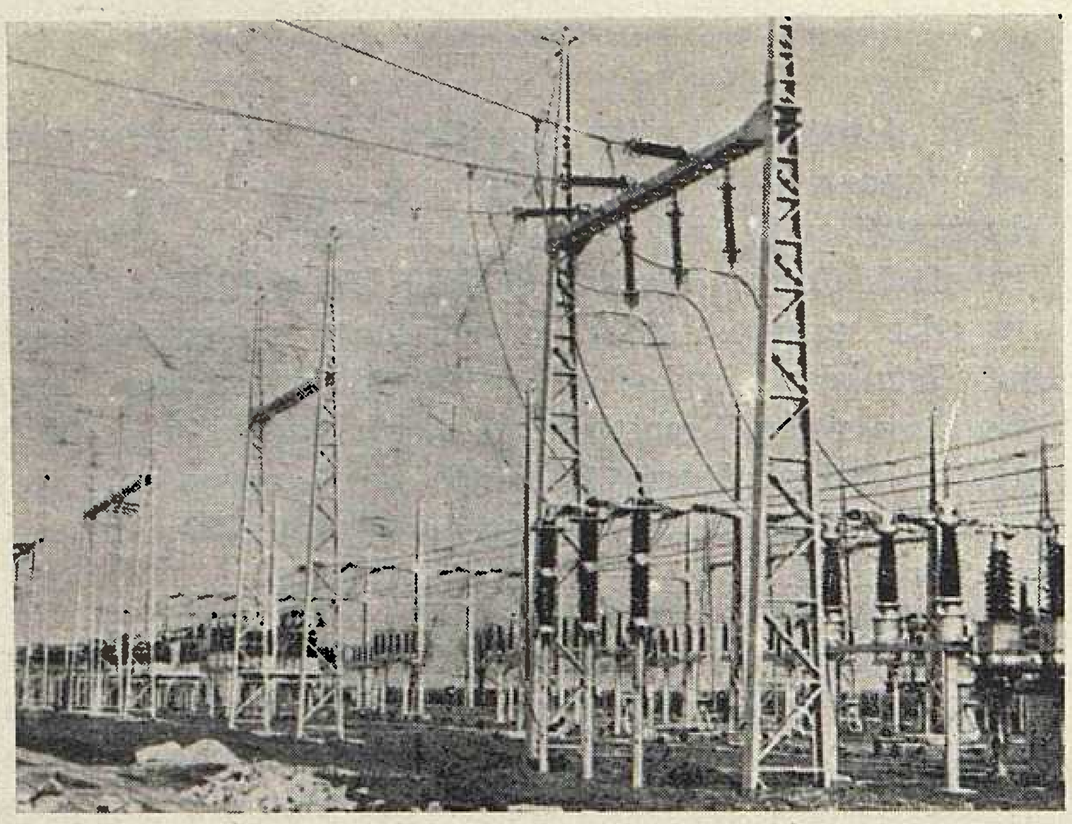
Transformatori u TS 220/110 kV Mraclin predviđeni su s tercijarnim namotom, te se na njega mogu priključiti uređaji za kompenzaciju. Kao uređaji za kompenzaciju odabrani su sinhroni kompenzatori, čiji će zadatak u TS Mraclin biti slijedeći:

a) rasterećenje prijenosnih vodova od prijenosa jalove snage;

b) regulacija i održavanje napona;

c) poboljšanje stabilnosti prijenosa.

Na temelju grube razrade, za potrebe investicionog programa, došlo se do zaključka, da bi veličina kompenzatora trebala iznositi 40—50 MVA, pa je konačno naručen kompenzator od 50 MVA. Potrebno je naglasiti, da će se prema Mraclinu prenositi velike snage na razmjerno veliku udaljenost, pa će u slučaju ispada jednog voda drugi biti prilično preopterećen. U tom slučaju će jedino jaka snaga u kompenzatorima biti u stanju savladati nastale naponske i stabilitetne poteškoće i održati pogon.



Mraclin – rasklopno postrojenje 110 kV

KRATAK OPIS POSTROJENJA

a) Postrojenje 220 i 110 kV

Transformatorska stanica smještena je na ravnom terenu tako, da se svi dijelovi postrojenja nalaze na istoj koti, što omogućava jednostavne komunikacije.

Postrojenja 220 kV i 110 kV postavljena su međusobno paralelno, a među njima se nalaze transformatori što omogućuje jednostavan priključak. Postrojenja su međusobno uzdužno razmaknuta te je time stvorena mogućnost raspleta vodova 110 kV i 220 kV na obje strane. Osim toga na taj je način omogućeno smještanje kompenzatora u neposrednu blizinu transformatora i postavljanje komandne zgrade gotovo u sam centar postrojenja, što omogućava vrlo dobar pregled i znatno skraćuje signalne kabele.

U konačnoj etapi izgradnje predviđene su dvostruke sabirnice (presjeka 2 × 450 mm² Al po fazi) u postrojenju 220 kV i pomoćnim sabirnicama (presjeka 450 mm² Al po fazi) što će omogućiti vrlo elastičan pogon, kao i zamjenu svake sklopke u defektu bez prekida pogona. Predviđeno je ukupno šest dalekovodnih polja, tri transformatorska te jedno spojno polje.

U I etapi je montiran samo jedan sistem sabirnica i to samo djelomično, jedno dalekovodno polje za vod prema Splitu te jedno transformatorsko polje.

Odabrane su pneumatske sklopke s uređajem za brzo ponovno ukapčanje te pantograf-rastavljači.

U postrojenju 110 kV predviđene su u konačnoj izgradnji trostruke sabirnice (presjeka 2 × 450 mm² Al po fazi) kako bi se mogao vršiti asinhroni pogon. Naime, prema rješenju mreže grada Zagreba, u TS Mraclin regulirao bi se napon pod posebnim uvjetima za Zagreb, dok ostala mreža zahtijeva druge uvjete regulacije. S druge strane, snage kratkog spoja, koje su odabrane u projektu mreže grada Zagreba, zahtijevaju asinhroni rad transformatora u TS Mraclin, kako bi se mogla upotrijebiti standardna oprema u postrojenjima 30 kV i 10 kV, koja se uglavnom proizvodi u zemlji.

Predviđeno je ukupno dvanaest dalekovodnih polja, tri transformatorska i jedno spojno. Postoji i mogućnost proširenja postrojenja 110 kV.

U I etapi montirana su dva sistema sabirnica, sedam dalekovodnih polja, jedno transformatorsko i jedno spojno polje.

Odabrane su također pneumatske sklopke s brzim ponovnim ukapčanjem te klasični rastavljači. Radi kontrole napona i sinhronizacije, na svaki sistem sabirnica priključen je bočno u srednjoj fazi po jedan naponski transformator.

Portali u postrojenju 220 kV i 110 kV izvedeni su iz čeličnih konstrukcija, koje su najprikladnije za izvedbu, obzirom na velike dimenzije i sile za koje ove konstrukcije moraju biti projektirane. Stupovi portala izvedeni su u obliku rešetkastog A-stupa što je dalo estetski uspjelo i ekonomično rješenje. Isto tako su i postolja aparata izrađena iz čeličnih konstrukcija na betonskim temeljima.

Kao zaštita od groma razapeta su zaštitna užeta od pocinčanog čelika presjeka 50 mm² preko čitavog vanjskog rasklopnog postrojenja.

b) Transformatori i kompenzatori

U konačnoj izgradnji predviđene su tri transformatorske grupe po 150 MVA. Svaka se grupa sastoji od tri jednofazna regulaciona tronamotna transformatora snage 50 MVA, $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} \pm 15\,\%$ s tercijarnim namotom 10,5 kV. Transformatorska grupa ima spoj Yyo/d, a tercijarni namot je dimenzioniran za snagu od 50 MVA. Na njega je priključen kompenzator i transformator za vlastitu potrošnju. Uz tri transformatorske grupe predviđen je i jedan rezervni jednofazni transformator, koji se može uvijek u slučaju potrebe postaviti umjesto defektnog transformatora. U I etapi, kad je montirana samo jedna transformatorska grupa, postavljen je odmah i rezervni transformator.

Odabrani su jednofazni transformatori radi lakšeg transporta i jeftinije rezerve u I fazi izgradnje mreže 220 kV. Međutim, daljnjim razvojem i širenjem superponirane mreže već se pomalo uvode i trofazni transformatori u štednom spoju, kod kojih više ne postoje naročiti transportni problemi, a znatno su jeftiniji.

Što se tiče kompenzacije, predviđena je mogućnost smještaja tri kompenzatora po 50 MVA. Međutim ugradnja pojedinih jedinica bit će diktirana stvarnim potrebama kompenzacije u budućnosti. U I etapi bit će montiran jedan kompenzator i to na otvorenom. Potrebno rasklopno postrojenje 10 kV za kompenzator i vlastitu potrošnju bit će izvedeno u oklopljenoj izvedbi za vanjsku montažu te smješteno u neposrednoj blizini kompenzatora. Spoj tercijara triju jednofaznih transformatora kao i spojevi između transformatora, rasklopnog postrojenja i kompenzatora bit će izvedeni golim bakrenim šinjama.

c) Komanda, zaštita i mjerenje

Komandna zgrada koja je smještena u produženju postrojenja 110 kV nasuprot kompenzatorima, ima u

I katu veliku komandnu prostoriju, iz koje postoji vrlo dobar pregled cijelog postrojenja. Osim same komande tu su i sve potrebne prostorije za pomoćne uređaje. Komandna ploča je lučnog oblika tako, da uklopničar može imati dobar pregled cijele ploče. Na ploči su postavljeni svi potrebni pokazni i registrirajući instrumenti te shema s komandno-potvrdnim sklopkama tako, da je omogućeno daljinsko upravljanje svim aparatima 220, 110 i 10 kV.

Iza komandne ploče smještene su ploče za releje i brojila.

Postavljena je uobičajena brza distantna zaštita na dalekovode 110 i 220 kV. Na dalekovode koji napajaju zagrebački čvor, a čije opterećenje može doći i do termičke granice, ugrađen je i jedan prekostrujni relej za dojavu preopterećenja. Transformator je zaštićen prekostrujnom, termičkom te specijalnom diferencijalnom zaštitom za tronamotne transformatore, a pored toga još i uobičajenom Buchholzovom zaštitom te svim potrebnim signalnim i zaštitnim uređajima za sistem hlađenja.

Stanica je bogato opremljena mjernim instrumentima. Pored uobičajenih ampermetara i voltmetara predviđeni su brojni registrirajući vatmetri i varmetri, instrumenti za daljinska mjerenja i osciloperturbografi koji će se postaviti u pojedina dalekovodna polja već prema potrebama mjerenja i registracije. U svakom dalekovodnom polju predviđen je i lokator smetnja. Isto je tako svako dalekovodno polje opremljeno odgovarajućim brojilima.

Budući da je transformatorska stanica Mraclin čvorna tačka za sjeverozapadno područje, ona je opremljena odgovarajućim brojnim V F-vezama za prijenos govora, mjerenja, telekomande i impulsa zaštite.

d) Pomoćni pogoni

Zbog važnosti stanice kao čvorne tačke za snabdijevanje velikog i važnog konzumnog područja predviđene su dvije akumulatorske baterije 220 V, što će osigurati u svakom slučaju ispravno funkcioniranje zaštite i komande. Za potrebe telefonskih uređaja predviđena je posebna akumulatorska baterija 24 V.

Za pogon pneumatskih sklopaka i rastavljača predviđen je poseban kompresorski razvod s kompresorskom stanicom u kojoj su u I etapi smještena dva kompresora, a kod daljnjeg proširenja stanice smjestit će se još jedan. Kompresori su tako dimenzionirani da jedan uvijek služi kao rezerva, što omogućuje ispravno funkcioniranje kompresorskog uređaja u svakom momentu.

Za vlastite potrebe transformatorske stanice predviđena su dva transformatora po 400 kVA, 10/0,4 kV, koji su priključeni na sabirnice 10 kV tercijara transformatora. Ovi su transformatori dimenzionirani tako, da je jedan od njih 100%-tna rezerva. Za slučaj nestanka izmjeničnog napona predviđen je pomoćni dizelski agregat snage 50 kVA, 380/220 V, koja je odabrana tako, da zadovoljava potrebe kompresorske stanice, i jedan dio rasvjete i grijanja.

Zbog veličine i značaja stanice te radi lakše manipulacije kod transporta transformatora (utovar i istovar), kao i radi manjih popravaka i revizije transformatora, izveden je montažni toranj s priručnom radionicom i skladištem.

Za prijevoz teških tereta (transformatori i kompresori) izveden je industrijski kolosijek u duljini od 2,9 km od željezničke stanice Turopolje do montažnog tornja. Od montažnog tornja do postolja transformatora i kompenzatora položen je poseban kolosijek, koji omogućuje jednostavan transport transformatora iz montažnog tornja na njihova postolja

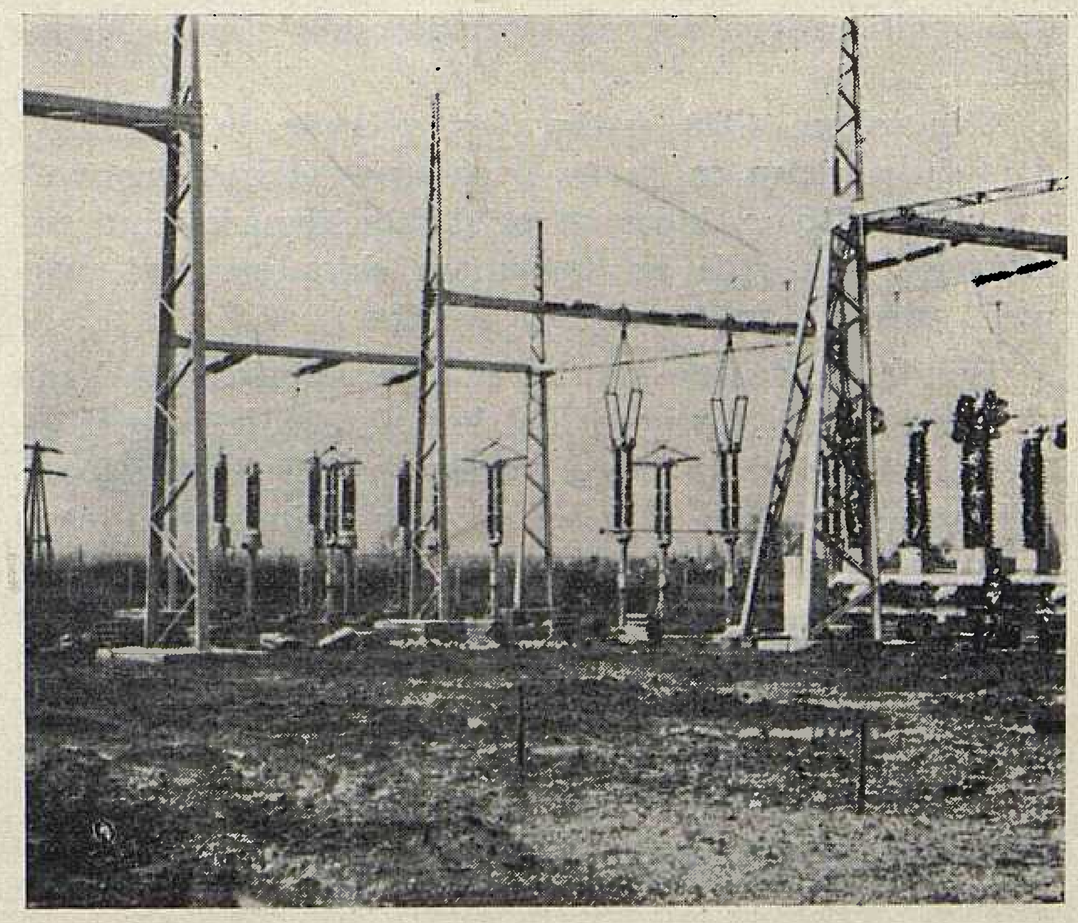
OPREMA I IZVAĐAČI

Projekt transformatorske stanice izradio je »Elektroprojekt«, Zagreb, a projekte raspleta i priključka postojećih vodova 110 kV, poduzeće »Dalekovod« Zagreb.

Građevne radove u cjelini izvodi građevno poduzeće »Vladimir Gortan« iz Zagreba. Montažne radove na transformatorskoj stanici te sve radove na raspletu vodova i uzemljenju izvodi montažno poduzeće »Dalekovod« Zagreb. Dizalicu u montažnom tornju montirao je »Litostroj« iz Ljubljane, koji je dizalicu i proizveo. Transformatorsku grupu je montiralo poduzeće »Rade Končar« iz Zagreba.

Oprema je nabavljena od više inozemnih i domaćih dobavljača od kojih ćemo nabrojiti najvažnije. Transformatore su isporučili u kooperaciji »Siemens«, Zapadna Njemačka i »Rade Končar«. Strujne i naponske transformatore 110 i 220 kV isporučile su talijanske tvrtke »Galileo« i »Scarpa Magnano«. Kod toga je potrebno naglasiti, da su na strani 220 kV odabrani kapacitivni naponski transformatori tako, da otpada ugradnja V F-kondenzatora 220 kV za potrebe V F veza. Zaštitni releji (diferencijalni, prekostrujni, distantni itd.) naručeni su i isporučeni od tvrtke BBC iz Švicarske. Kod iste tvrtke naručen je glavni dio VF-uređaja. Ovjesni i spojni materijal isporučila je

Mraclin – rasklopno postrojenje 220 kV



talijanska tvrtka »Salvi«. Kompenzator s kompletnim razvodom 10 kV i svim pomoćnim uređajima naručen je kod talijanske tvrtke »Marelli«. Ostalu glavnu opremu za rasklopno postrojenje 110 i 220 kV isporučila je tvornica »Rade Končar«, a katodne odvodnike prenapona 110 i 220 kV »Elektrosrbija«.

Protupožarna zaštita bit će naručena u inozemstvu. Najprije je bio predviđen uređaj za gašenje raspršenom vodom njemačke tvrtke »Walter«. Međutim kasnije, nakon prikupljanja ponuda i usporedbe cijena te uzevši u obzir i najnoviji stav jugoslavenske elektroprivrede o protupožarnoj zaštiti zaključeno je, da se primijeni zaštita na principu pražnjenje-miješanje, francuske tvrtke »Sicli«. Sada se očekuje odobrenje Sekretarijata za industriju SIV-a, da se može upotrijebiti ovakav tip protupožarne zaštite, nakon čega će se odmah pristupiti ugovoranju. Cijena ovog tipa protupožarne zaštite iznosi oko jednu trećinu cijene zaštite s raspršnom vodom.

Cjelokupna oprema uvezena je preko uvoznog poduzeća »Elektroopskrba« iz Zagreba.

Investitorske poslove vodi »Elektroprenos« iz Zagreba.

PROBLEMATIKA FINANCIRANJA I GRADNJE

Investicioni program predan je na reviziju u lipnju 1958, a rješenje o odobrenju izdano u veljači 1959. Savezno izvršno vijeće odobrilo je gradnju koncem 1958.

U lipnju 1959. postavljen je zahtjev za zajam, a ugovor o zajmu potpisan je s bankom u svibnju 1960. Međutim već u srpnju 1959. odobrena je investitoru akontacija u visini od 13 milijuna dinara za istražne radove i projektiranje. Nikakva daljnja akontacija nije bila dana, iako je investitor u više navrata postavljao zahtjev.

Licitacija za građevinske radove izvršena je koncem 1959. na bazi idejnog projekta. Već su tada sve ponude bile iznad predračunske svote, pa se moglo zaključiti, da će u građevnom dijelu biti znatnih prekoračenja, što je kasnije bilo i potvrđeno.

U ožujku 1960. sklopljen je generalni ugovor s građevnim poduzećem »Vladimir Gortan« za izvedbu građevnih radova na transformatorskoj stanici Mraclin.

Već tokom 1959. tražene su ponude za uvoznu i domaću opremu te su se postepeno sklapali ugovori već prema tome, kako su pristizale komercijalne suglasnosti. Do sada su uglavnom sklopljeni svi ugovori osim za protupožarnu zaštitu.

Rok za dovršenje stanice bila je veljača 1962, kada je trebao biti gotovo i dalekovod 220 kV Split — Mraclin i montiran drugi agregat u HE Split. Međutim, sama gradnja nije se odvijala jednostavno nego naprotiv uz mnoge poteškoće. U prvom redu, odobrenje zajma stiglo je vrlo kasno, a da prije toga nije bila odobrena nikakva značajnija akontacija. Zatim dobivanje komercijalne suglasnosti za uvoz opreme, nakon dobivenih ponuda također je dugo trajalo, a to je značilo i kasnije potpisivanje ugovora Projektiranje je kasnilo radi toga jer nisu bili poznati podaci o opremi, a i radi subjektivnih razloga.

Budući da je licitacija za građevne radove održana na bazi idejnog projekta, došlo je do kasnijeg povišenja cijena radi povećanih količina a i nekih novih radova, jer su se pojavile znatne količine podzemne vode i na višoj koti nego je to idejnim projektom bilo predviđeno.

Međutim usprkos ovim subjektivnim i objektivnim zaprekama uspjelo je zajedničkim radom svih zainteresiranih privesti transformatorsku stanicu na vrijeme njenoj svrsi te je pustiti 6. veljače 1962. u provizorni pogon. Do toga dana izgrađeno je naime kompletno postrojenje 110 kV i 220 kV te postavljena transformatorska grupa, a komanda je provizorno smještena u jednu slobodnu prostoriju komandne zgrade.

U međuvremenu se radovi nastavljaju te se građevinski privode kraju osim temelja za kompenzator, za koje će projekt biti završen tek u srpnju 1962, jer još mnogi detalji kompenzatora nisu dostavljeni od dobavljača opreme. Prema današnjem stanju radova može se reći da će transformatorska stanica biti kompletno gotova do konca 1962. s time da će se eventualno montaža kompenzatorskog postrojenja produžiti još i u 1963.

TROŠKOVI GRADNJE

Prema odobrenom investicionom programu i ugovoru sklopljenom s bankom, struktura troškova gradnje transformatorske stanice Mraclin izgledala je ovako:

	Milijuna dinara
Građevni radovi	434
Domaća oprema s montažom	525
Uvozna oprema	1.023
Ostalo	47
U k u p n o	2.251

Prema današnjem stanju radova predviđa se slijedeća struktura troškova gradnje:

	Milijuna dinara
Građevni dio	525
Domaća oprema s montažom	534
Uvozna oprema	1.019
Ostalo	173
	2.251

Povećanje troškova na građevnom dijelu izazvale su već prije nabrojene poteškoće radi licitacije na temelju idejnog projekta tako, da su se kasnije pojavili dodatni radovi, a povećale su se i neke količine radi težih uslova fundiranja.

Kod troškova opreme nastalo je povećanje radi poreza na uvoznu opremu i radi kamata na inozemni kredit.

Veći dio ukupnog povećanja troškova nastao je uslijed novih carinskih propisa i poreza na promet, što je banka priznala, te toliko i povećala zajam. Također je banka odobrila i povećanje zajma radi ubrzanja građevnih i montažnih radova što se je poka-

zalo korisnim, tako da je transformatorska stanica na vrijeme puštena u provizorni pogon.

Jedan dio povećanih troškova na građevnim radovima pokrio je garant Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske.

ZAKLJUČAK

Transformatorska stanica Mraclin po svom je obimu jedan od najvećih objekata prijenosne mreže, koji je kod nas izgrađen. Njeno puštanje u provizorni pogon u predviđenom roku usprkos velikim poteškoćama, predstavlja značajan uspjeh.

Iz toka gradnje ovog objekta mogu se stvoriti zaključci o tome na koji se način može brže graditi.

Osnovni uslov brze i uspješne gradnje su solidni pripremni radovi.

U prvom redu u času dodjeljivanja sredstava potrebno je raspolagati kompletnom dokumentacijom za gradnju, a to znači, s glavnim projektima i licitacionim elaboratima. Da bi se mogli solidno izraditi glavni projekti, potrebno je izvršiti sve istražne radove te imati odgovarajuće ponude za opremu, koje bi kasnije mogle brzo biti obnovljene na bazi važećih tržnih cijena. Za glavnu opremu s dužim rokovima dobave trebalo bi već imati potpisan predugovor s fiksiranim rokovima.

Međutim, da bi se sve ove predradnje mogle izvršiti, trebalo bi izvršiti neke korekture u načinu financiranja. Za izradu glavnih projekata i istražne radove trebalo bi prije odobrenja zajma odobriti određeni avans, a isto tako bi trebalo omogućiti investitorima da vrše predugovaranja glavne opreme. Ovo se odnosi naravno na one objekte, koji su već fiksirani u godišnjim planovima te odobreni od nadležnih organa.

Na ovaj način bi rokovi izgradnje bili realniji a u velikoj mjeri bi se izbjegla prekoračenja i dodatni troškovi tokom gradnje.

Naravno da pored ovih objektivnih poteškoća ima i dosta subjektivnih koje se mogu riješiti boljom organizacijom i većim zalaganjem u održavanju preuzetih obaveza.

Gledajući u cjelini čitavu investiciju dolazimo do zaključka, da prekoračenje u investicijama prema odobrenom investicionom programu iznosi ipak samo mali postotak. Međutim moramo se osvrnuti na činjenicu, koja se uočava i kod drugih objekata a to je, da su znatna prekoračenja na građevnim radovima što ukazuje na to, da treba više pažnje obratiti idejnim projektima i prethodnim istražnim radovima.

Naslov pisca: Ing. Boris L i p n j a k, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

NAPORI I POZITIVNI REZULTATI IZVEDBE VODA 220 kV SPLIT — ZAGREB

Ivan B r u s, Zagreb

Puštanje u pogon dalekovoda Split–Zagreb predstavlja značajan uspjeh izvedbe prijenosne mreže. U godini 1960. izvedba je tekla vrlo sporo zbog velikih financijskih poteškoća. Usprkos pomanjkanju sredstava uspjelo je odlučnim zalaganjem elektroprivrednih organizacija i izvođača održati najkritičnija gradilišta i spriječiti preorijentaciju dobavljača na druge poslove. U godini 1961. otklonjena su u rekordnom roku, nastala zakašnjenja u izvedbi i vod je koncem godine stavljen pod napon. U prikazu su izneseni podaci o gradnji ovog do sada najvećeg dalekovoda izgrađenog u našoj zemlji. Ujedno je dan i osvrt na razvoj poduzeća »Dalekovod« od njegova osnutka 1949. do danas.

DK 621.315.1

1. Značenje izvedbe dalekovoda 220 kV Split—Zagreb

Puštanjem u pogon najvećeg do sada izgrađenog dalekovoda u zemlji kojim već teče električna energija iz nove hidrocentrale Split u Zagreb i u ostale sjeverozapadne krajeve naše domovine, i radni kolektiv preduzeća »Dalekovod« je časno izvršio svoj zadatak, te time dao svoj obol u čast dana Republike u jubilarnoj 20-godišnjici narodne revolucije.

Ideju za izgradnju magistrale Split—Zagreb uvjetovala je nužna potreba osiguranja potrebne količine električne energije za sjeverozapadna područja naše zemlje, Hrvatsku i Sloveniju, koja sa svojom razvijenom industrijom predstavljaju velikog potrošača električne energije.

Sjeverozapadnom potrošnom području treba dobaviti dovoljne količine zimske energije i potrebnu snagu, te ovim prijenosom istodobno omogućiti izmjenu energije i snage između ovih dvaju energetskih područja, koja se dopunjuju. Zbog pomanjkanja električne energije ovo je područje već prije trebalo povezati s mrežom centralnog bosansko-hercegovačkog elektroenergetskog sistema, što je izvedeno prije 5 godina dalekovodom Jajce — Zagreb.

Energetska bilanca je međutim pokazala, da će navedena industrijska područja u neposrednoj budućnosti trebati i veće snage, pa je bilo potrebno povezati ih s velikim izvorima električne energije u obalnom području, s novim hidroelektranama na slivovima Cetine, Trebišnjice, Neretve, Like i Gacke. Od velikih jadranskih izvora električne energije prva je izgrađena Hidroelektrana Split, koja je prema planu trebala biti u pogonu početkom 1962, ali je zalaganjem investitora i izvođačkih poduzeća tok gradnje znatno ubrzan.

Iz gornjih je razloga donesen zaključak da se pristupi projektiranju dalekovoda najvišeg napona, čija

je izvorišna tačka definirana kraj Omiša uz Hidroelektranu Split, a završna tačka u Mraclinu kraj Zagreba u težištu konzumnog područja razvijene industrije. Projektni zadatak predvidio je i prolaz trase ovog dalekovoda uz Hidroelektranu Senj, kako bi se kasnije po dovršenju ove elektrane, bez potrebe za novim dalekovodima mogla energija Gacke i Like prenijeti u jugoslavensku mrežu.

Postojale su tada i druge varijante za prijenos električne energije iz HE Splita do Zagreba. Međutim ZEPH je sa svojim stručnim aparatom i analizama uspjela dokazati opravdanost baš ovog rješenja s trasom dalekovoda iz Splita preko Zrmanje i Brinja do Zagreba.

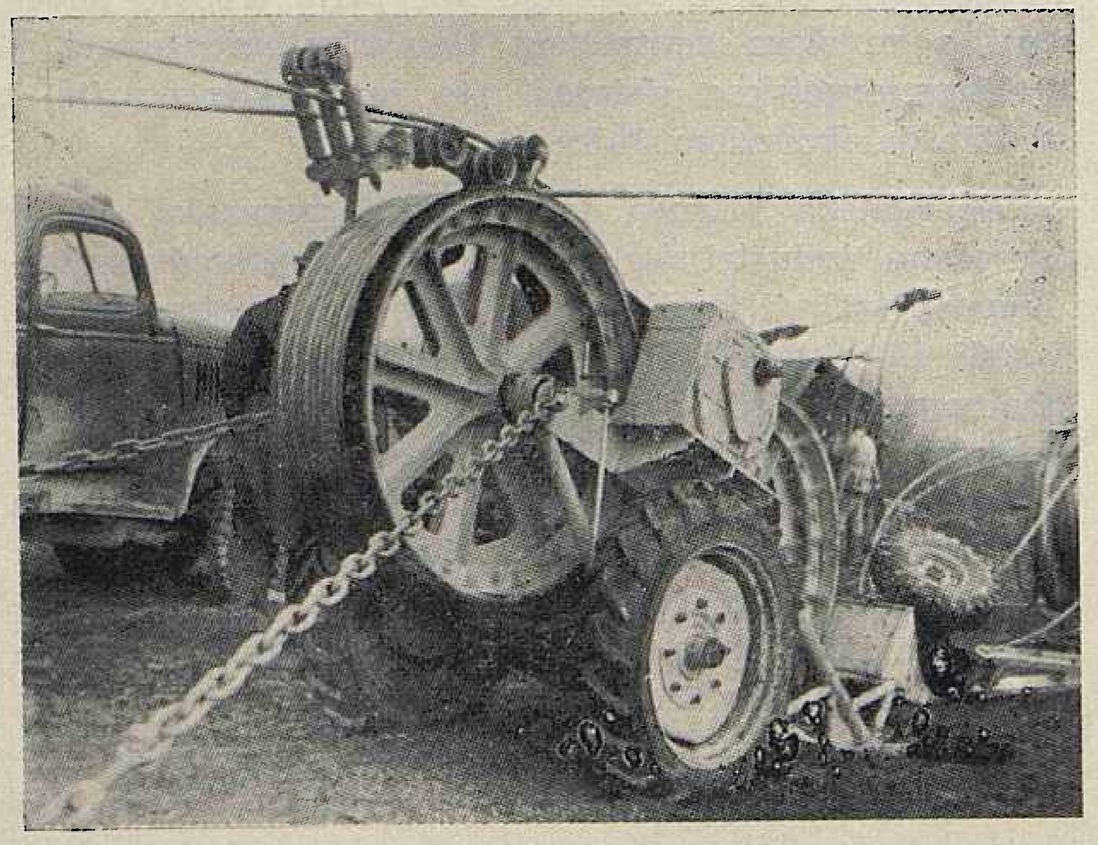
Naši su projektanti pristupili projektiranju ovog dalekovoda s ne malo poteškoća. Trasa prolazi kroz mnoge besputne terene, preko dalmatinskog krša uz Knin na buri i vjetru izloženu Zrmanju, zatim dalje preko Gračaca kroz Liku do Brinja, odakle se penje preko snježne Kapele na Modruš i spušta preko Josipdola do Generalskog Stola. Tu trasa zakreće i proteže se preko Belaja i Karlovca po močvarnom terenu do Lasinje i Mraclina.

Uzduž čitave trase trebalo je prikupiti mnogobrojne podatke o meteorološkim prilikama, jakosti vjetra, oborinama, zaleđivanju vodiča i slično. Na mnogim istaknutim mjestima trase postavljene su specijalne naprave za ispitivanje ovih elemenata. Na klimatski najtežem terenu kod Malovana i Zrmanje izgrađen je čak kompletan pokusni dalekovod s odgovarajućom ispitnom stanicom, gdje su tokom tri zimske sezone vršena potrebna ispitivanja. Projektanti su tako stečena iskustva obilato koristili za dimenzioniranje čeličnih stupova, kao i za izbor vodiča.

Projektantski radovi dovršeni su krajem 1959. Tada se pristupilo definitivnom kolčenju stupnih mjesta uzduž čitave trase. Prema tehničkim podacima ovaj dalekovod izgleda ovako:

Na potezu od HE Splita do rasklopišta u Brinju dalekovod je dimenzioniran sa 3 × 360 mm² Alče užetom odnosa 1 : 6, sa 1 čeličnim zaštitnim užetom od 95 mm².

Montaža dalekovoda, kočnica



Na potezu preko Zrmanje predviđen je vodič sa pojačanom čeličnom jezgrom odnosa 1 : 4.

Na nosnim stupovima predviđeni su prutasti prigušivači (armour rods), a na zateznim stupovima »Stockbridge« prigušivači radi smanjenja vibracija.

Dionica od Brinja do Mraclina izvedena je s vodičima u snopu (duplim vodičima) 3 × 2 × 240 mm² Alče užetom odnos 1 : 6 s 1 čeličnim zaštitnim užetom od 95 mm² s time, da je na potezu preko prevlake Kapele montiran Alče vodič s pojačanom čeličnom jezgrom odnos 1 : 4.

Stupovi su izvedeni u klasičnoj rešetkastoj konstrukciji sistema »jela«. Željezna je konstrukcija stupova pocinčana. Svako je stupno mjesto uzemljeno trakastim uzemljivačima.

Tehnički podaci i opseg radova voda 220 kV Split–Zagreb

Dužina trase 354 km	Količina Alče užeta 1.840 tona
Napon dalekovoda 220.000 volti	Količina zaštitnog užeta 280 tona
Broj stupova 956 komada	Količina izolatora 65.000 komada
Iskop temelja 18.000 m³	Količina ovjesnog materijala 115 tona
Ugrađeno betona 12.000 m³	
Težina stupova 4.700 tona	

Iz uvoza je nabavljeno čelično zaštitno uže i ovjesni materijal i to iz Italije, a izolatori iz Francuske. Sav ostali materijal je iz domaćih tvornica.

Čelične stupove izrađivalo je poduzeće »Energoinvest« iz Sarajeva i radionica metalnih konstrukcija »Dalekovoda« u Zagrebu, uz pomoć poduzeća »Ante Jonić« iz Splita.

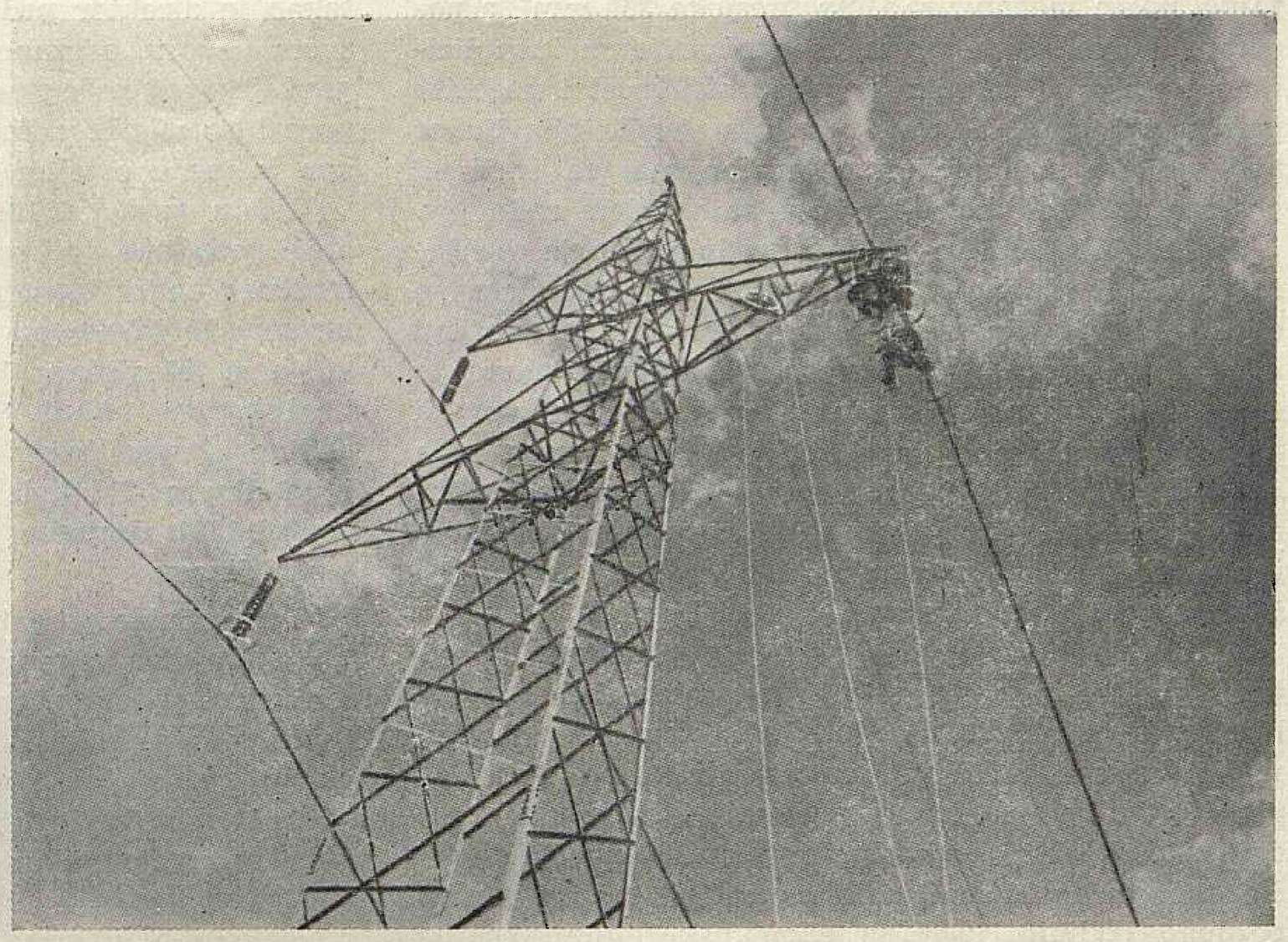
Ugovor za izgradnju magistrale sklopljen je u travnju 1960. godine i to s dva investitora: sa »Elektroprenosom« Split do Zrmanje (stup broj 314) i s »Elektroprenosom« Zagreb od Zrmanje do Mraclina. Prema tim ugovorima izgrađeni su detaljni operativni planovi izgradnje i započete temeljite pripreme za početak radova na terenu polovicom 1960.

Nabava materijala i formiranje gradilišta uzduž trase bili su tako planirani da bi se prije zime god. 1960/1961. dovršila dionica od Gračaca spram Knina, a tokom zime nastavilo montažom vodiča dalje prema Splitu, gdje su vremenske prilike najpovoljnije. Ostali dio trase bilo je predviđeno graditi u rano proljeće 1961., s tim, da se jedan dio od Mraclina prema Karlovcu gdje su klimatske prilike također nešto bolje, pokuša također dovršiti prije nastupa zime 1960/1961.

Na temelju tako izgrađenog plana pristupilo se izradi čeličnih konstrukcija za stupove, te nabavi materijala i opreme. Istodobno osnovana su gradilišta u Solinu, Zrmanji, Gračacu i Kupčini, gdje se je u 1960. započelo s građevinskim radovima.

Međutim, neposredno nakon otvaranja navedenih gradilišta, nadošle su prve ozbiljne poteškoće za izgradnju. Investitori nisu mogli potpisati ugovor s Investicionom bankom. Nema novčanih sredstava za izgradnju, pa su nastale redukcije investicija. Otkazuju se narudžbe materijala i opreme, dok se oprema iz inozemstva ne može uopće ugovarati.

Montaža dalekovoda 220 kV



Situacija se mnogo ne popravlja sve do kraja 1960. Radovi na terenu životare na avansima. Bilo je potrebno pristupiti redukciji i otpuštanju radne snage. Taj način financiranja doveo je izgradnju dalekovoda u takav položaj, da se na primjer, kad je već bilo dovršeno preko 100 km građevinskih radova s podignutim stupovima, nije još moglo započeti s montažom vodiča radi pomanjkanja opreme. Zbog tih zakašnjenja rok dovršetka izgradnje odgođen je na g. 1962.

Isporuka željeznih stupova također je počela zakašnjavati, uslijed čega su i ostala gradilišta formirana s velikim zakašnjenjem tek u 1961. Uslijed tako velikog zakašnjavanja isporuke stupova pred kraj gradnje moralo se je pristupiti forsiranim radovima i formirati uzduž trase preko 10 specijaliziranih bravarskih grupa za podizanje stupova.

Za izvedbu građevinskih radova bila su formirana uzduž trase gradilišta u Tepljuhu, Perušiću, Otočcu, Jezeranama, Generalskom Stolu i Lasinji, s tim da su pojedina gradilišta osnivala po potrebi i podgradilišta.

Elektromontažnim radovima tj. razvlačenju vodiča moglo se pristupiti, radi prije opisanog zakašnjavanja opreme, tek u svibnju 1961. i to svega s jednom sekcijom, jer isporuka ovjesnog materijala nije mogla u početku montaže snabdijevati više grupa. Ovjesni materijal iz uvoza stizavao je u etapama i manjim količinama.

Druga montažna sekcija zbog istog je razloga započela montažom vodiča u snopu istom u srpnju, a treća sekcija u rujnu 1961.

Tako veliko zakašnjenje opreme tražilo je, da se elektromontažne sekcije ojačaju alatom i najboljim stručnim radnicima, te da se do maksimuma forsiraju radovi. Montažne ekipe snabdjevene su najmodernijom mehanizacijom, a na terenu se radilo u punom smislu riječi od zore do mraka. Pojedine ekipe dovršavale su mjesečno i preko 35 km trase često pod najtežim vremenskim prilikama.

Velikim razumijevanjem ZEPH i investitora osigurana su u pravo vrijeme sredstva za forsirane radove, tako da se je — uz sva zakašnjavanja materijala i opreme — produženi rok izgradnje mogao ipak skratiti čak do dana Republike, do kada je bila dovršena čitava montaža vodiča.

Elektromontažne sekcije bile su tako raspoređene, da je prva operirala na relaciji od Zrmanje do Splita, gdje su se najprije podizali stupovi, druga je započela sa radovima od Zrmanje spram Brinja, a treća od Mraclina spram Brinja. Prva montažna sekcija prebačena je, po dolasku u Omiš, u Liku, gdje su elektromontažni radovi i dovršeni, kraj sela Brlog.

U toku izgradnje magistrale uz navedene poteškoće oko financiranja trebalo je savladati i mnoge druge probleme.

Regrutiranje i smještaj velikog broja radne snage uz trasu stvarao je našim rukovodiocima mnogo puta velike brige. Koliko je nadalje truda trebalo ulagati za rješavanje transportnih problema, najbolje pokazuju podaci o prosječnoj težini materijala, koja otpada na 1 km ovog dalekovoda. Ona iznosi oko 80 tona za 1 km. Da bi transportirao materijal na vrijeme, vozni park bio je angažiran do najveće mjere, uz stalnu aktivnost službe mehaničara i remontne radionice. Bravarske grupe, koje su na sebe preuzele također veliki teret, bile su snabdjevene mnogobrojnim alatom i mehanizacijom za podizanje stupova, nad kojim je stalno trebalo bdjeti, da bi rad na stupovima bio što sigurniji, a radnik dovoljno zaštićen pri ovom opasnom radu.

Montaža aluminijskih vodiča traži općenito posebnu pažnju, jer se uže ne može na ovakvom terenu vući po zemlji. Za vrijeme razvlačenja uže treba biti stalno u zraku pa je takav rad trebalo na odgova-

rajući način mehanizirati. Za presjeke 360 mm², a pogotovo za vodiče u snopu, mehanizacije su komplicirane i traže od radnika posebnu stručnost i naročitu pažnju pri radu. Takova montaža vodiča obavlja se pod velikim mehaničkim opterećenjima, pa traži od posluge potpunu koncentraciju za vrijeme rada.

Specijalni problem u toku gradnje bila je montaža vodiča u snopu, koji je montiran na ovom našem objektu prvi puta u Jugoslaviji. Za takovu složenu montažu nisu postojala potrebna iskustva. Djelomično su se koristili podaci, prikupljeni u inozemstvu, ali najbolja su se iskustva stjecala u toku samog rada na ovom objektu. Zalaganjem naših radnika i tehničkog osoblja svi su ovi zadaci rješavani kvalitetno i na vrijeme, usprkos raznim tehničkim, terenskim i vremenskim poteškoćama i neprilikama.

U toku izgradnje voda uz već napomenute poteškoće, poduzeće se je našlo i pred nizom novih problema. U toku 1960. godine odlukom saveznih izvršnih organa propisane su nove ekonomske mjere u privredi, koje su i naše poduzeće stavile u nezavidan položaj. Iako je poduzeće već pod kraj 1959. prišlo reorganizaciji poduzeća a u 1960. ju je godini potpuno izvršilo, ipak su ekonomske mjere znatno utjecale i na tu novu organizacionu formu poduzeća. Organi upravljanja, suočeni s tim problemom, pristupili su njegovom rješavanju. Dobro sprovedenim sastancima, u kolektivu donesena je nova organizaciona shema poduzeća, koja je prilagođena novim privrednim mjerama.

Poduzeće je organizirano u 15 ekonomskih jedinica, s mogućnošću proširenja u slučaju organizacije novih gradilišta. Doneseni su pravilnici o raspodjeli osobnih dohodaka, o raspodjeli čistog prihoda, nagrađivanju po učinku, o odnosima između ekonomskih jedinica, kao i nekoliko drugih poslovnika, vezanih uz ove pravilnike.

Sve te novine unutar poduzeća odrazile su se i na izgradnji dalekovoda Split — Zagreb. Provedenim sistemom plaćanja po učinku znatno je povećan efekt rada, kao i ubrzanje radova na toj magistrali. Nove mjere su dakle vidno utjecale na podizanje produktivnosti rada. Uz nesebično zalaganje radnika na tom zadatku, to stimulativno nagrađivanje po učinku odrazilo se je na ubrzanju radova i postignuću efekta rada jače nego kod nekih industrijskih zemalja izvan naših granica. Nisu nas iznenadile izjave stručnjaka za izgradnju dalekovoda iz Italije i Engleske, koji su obišli naša gradilišta da vide rad novo nabavljene mehanizacije, da bi se takav objekt kod njih radio nekoliko godina i da ozbiljno sumnjaju, da to može biti gotovo u roku koji smo predvidjeli, naime do kraja godine. »Ako uspijete, tada je to zbilja moguće samo u vašoj socijalističkoj domovini«, rekli su nam na rastanku. Može li biti ljepšeg priznanja našim radnim ljudima?

Svi smo shvatili značenje ovih riječi. To je bio još jedan razlog, da se pojača i ubrza dovršenje radova, i da se oni dovrše na određeni rok, kako bi dokazali, da su ova laskava priznanja opravdana.

2. Napori za uspješniji rad

»Nije se dogodilo prvi put, da su se poduzeća kao što je naše, našla u veoma teškim situacijama« — istakao je direktor poduzeća »Dalekovod« Ivan Brus u svom govoru, održanom prigodom proslave završetka gradnje ovog našeg najvećeg dalekovoda. Iznoseći napore i poteškoće s kojima se poduzeće suočavalo, rekao je među ostalim i ovo:

Još u proljeće 1949, kada smo tek osnovali ovo naše poduzeće preuzeli smo bez naročitog tehničkog stručnog kadra izgradnju vodova visokog napona. Naš prvenac je dalekovod 110 kV Vinodol—Zagreb, i mnogi ga se još sjećaju. Rastao je samo upornom voljom i zalaganjem radnih ljudi toga novog kolektiva. Te je godine ukupan bruto-produkt iznosio svega 69 milijuna dinara. Od tada je sve više rastao do danas u godini 1961, dostigne cifru od preko dvije i pol milijarde dinara.

Tako znatan porast bruto-produkta svakako je tražio i izvjesne organizacione oblike, tim više što je uporedo s povećanjem bruto-produkta rastao i broj zaposlenih radnika od svega 250 na 1.100, a u građevnoj sezoni čak i na 1.800 ljudi. U tom razdoblju, od 1949. do danas, nastupile su značajne promjene, koje su imale vidan utjecaj na razvitak našeg kolektiva.

U 1950. godini Uredbom o predaji privrednih organizacija na upravljanje radnim kolektivima, davnom zamisli neumrlog Marksa, koju prva provodi naša socijalistička zemlja — vrše se izbori za organe radničkog upravljanja i tako se imperativ svih radničkih pokreta na svijetu »Tvornice radnicima« kod nas ostvaruje, te bitno mijenja život radnih kolektiva. Od planskog i centralističko-administrativnog upravljanja, prelazi se na radničko, što ima velik odraz i u našem kolektivu. Usavršava se stručni kadar putem školovanja, kurseva, seminara i stipendija. Poduzeće se proširuje projektantskom organizacijom, koja uspješno rješava sve zadatke i probleme, koji se postavljaju. Do danas naš kolektiv prednjači kadrom i tehničkom spremom pred mnogim projektantskim organizacijama u zemlji.

Radi sve većih zadataka, poduzeće proširuje djelatnost na radioničku izradbu željeznih konstrukcija, i već godine 1956. izgrađuje svojim sredstvima tvorničku halu, u kojoj zapošljuje preko 150 radnika na izradi svih vrsta željeznih konstrukcija, potrebnih za izgradnju dalekovoda i transformatorskih stanica. Od početnih cca 150 tona željeznih konstrukcija godišnje proizvodnje, svake godine se povisuje količina, te već sada dostiže proizvodnju od cca 1.300 tona specijalnih željeznih konstrukcija godišnje. Uz proizvodnju željeznih konstrukcija, poduzeće u svojim pogonima izrađuje ovjesni i spojni materijal za sve vrste napona. Iako u početku uz velike poteškoće za uzdizanje potrebnog kadra, danas smo toliko usavršili i tu djelatnost te doveli proizvodnju na takvu visinu, da smo ravni mnogim inozemnim proizvođačima. Godišnja proizvodnja ovjesnog i spojnog materijala za dalekovode i transformatorske stanice dostiže vrijednost od preko 350 milijuna dinara. Nije bilo skromno učestvovanje tog pogona i na izgradnji dalekovoda 220 kV Split — Zagreb.

Uporedo s povećanjem zadataka, poduzeće upotpunjuje i potrebnu mehanizaciju. Obnavlja se vozni park poduzeća, koji od cca 50 radnika i dvadeset vozila danas ima oko 150 radnika mehaničara — šofera

i preko 75 vozila razne tonaže. Do nedavna grlo naše proizvodnje, danas zalaganjem radnika tog pogona, udovoljava svim zahtjevima operative i postaje značajan faktor u izgradnji dalekovoda i u radu poduzeća.

Podizanjem načina izvedbe postignut je velik napredak u izgradnji dalekovoda i transformatorskih stanica. U početku se radi bez stručnog kadra i mehanizacije. Teren je tražio potpunu »reformu«. Od 1952. na ovamo upotpunjuje se školovanjem i kursevima kadar za teren. Nabavlja se postepeno potrebna mehanizacija, upotpunjuje se i dotjeruje osnovni alat. Od ručnog rada na podizanju željeznih rešetkastih stupova i montaže vodiča svih presjeka, prelazi se na rad s mehanizacijom. Prije, u prosjeku s jednom grupom radnika montera, mogla se podignuti 1 tona željezne konstrukcije stupova, a upotrebom mehanizacije prelazi se na efekte od 3 do 4 tone dnevno. Kod montaže vodiča, upotrebom mehanizacije znatno se ubrzao rad i poboljšala njegova kvaliteta. Naime, dok je ručnim razvlačenjem uspjelo razvući, s prosječno 80 do 100 radnika, oko pola km vodiča dnevno i to najčešće povlačenjem vodiča po zemlji, danas skoro s polovicom manje radnika uspijeva razvući oko 1 do 1,5 km vodiča dnevno, a da ne dodiruje zemlju. Time je kvaliteta i proizvodnost radnika znatno povećana. Ne smijemo kod toga zaboraviti smionost i istrajnost naših radnika, jer bez predaha stajati na stupu ili zakopčan opasačem visjeti na ljestvama u visini od 45 metara po 10 do 14 sati dnevno predstavlja svakako maksimalan napor za radnog čovjeka, i rezultat primjerne svijesti i zalaganja našeg radnika — montera.

Postignutim iskustvom, povećanjem kvalitete i brzine građenja poduzeće je promijenilo svoj izgled. Od nedavno malog poduzeća, preraslo je u velik i značajan kolektiv s ugledom i renomeom ne samo u granicama Narodne Republike Hrvatske, nego i izvan nje. Poduzeće preuzima veći broj radova i projektiranja u Narodnoj Republici Sloveniji i isporučuje ovjesni materijal u sve republike. Sa svojim projektantskim poslovima, a u skoroj budućnosti vjerovatno i izgradnjom, sudjeluje u radovima na elektrifikaciji Pakistana i Toga.

Međutim, najveći dio svojih kapaciteta poduzeće upošljuje u Narodnoj Republici Hrvatskoj, gdje je i potreba velika. Osim već izgrađenog dalekovoda Split — Zagreb, poduzeće je izgradilo i niz drugih objekata. Nabrojio bih samo značajnije kao na primjer: DV 110 kV Zagreb — Vinodol, DV 110 kV Split — Mostar, DV 220 kV Jajce — Zagreb (dionica od 139 km), DV 110 kV Brod — Osijek, Brestanica — Novo Mesto, Trbovlje — Ljubljana, Ožbolt — Fala — Pekre i preko 1.500 km dalekovoda 35 kV, te oko 1.300 km vodova 10 kV s niskonaponskim mrežama.

Za velika dostignuća i uspjehe na izgradnji dalekovoda 220 kV Split — Zagreb treba izraziti posebnu zahvalnost izvršiocima ovoga velikoga djela, našim minerima, betonircima, kovačima, monterima, šoferima, tehničko-administrativnom osoblju i svim ostalim junacima rada, pouzdanim trudbenicima, na koje smo se uvijek sa povjerenjem oslanjali, naročito kada je trebalo u kratkom roku i u zanosnom poletu ostvariti ono što je izgledalo neostvarivo.

Naslov autora: Ivan B r u s, »Dalekovod«, Zagreb, Proleterskih brigada 37



Gradnja dalekovoda, detalj s jednog radilišta

Upotreba helikoptera kod gradnje dalekovoda

Sve češće se kod nas postavlja pitanje o ulozi helikoptera kod projektiranja, gradnje i pogona dalekovoda. Teško je na to odgovoriti, jer to ovisi o mnogim faktorima, koji su u raznim zemljama različiti. Ipak je interesantno upoznati iskustva drugih zemalja o upotrebi helikoptera u vezi dalekovoda. Stoga je u ovom časopisu opisano iskustvo francuske elektroprivrede na tom polju, a u ovom članku iznijet će se daljnji podaci o upotrebi helikoptera pri gradnji dalekovoda, a na osnovu članka H. C. Weiler: *Hubschrauber für den Bau von Freileitungen*, objavljenom u ETZ-B, sv. 4, 1961, br. 24, str. 647—651, koji je susretljivo stavio na raspolaganje originalne klišeje za slike u ovom članku.

Nosivost lakih modela helikoptera na kratkim potezima iznosi na primjer za Bell 47 G oko 300 kg, a za moderni Alouette II s turbinskim pogonom nešto više od 500 kg. Zbog ograničene nosivosti upotrebljeni su ovakvi helikopteri uglavnom za specijalne zadatke, kao što je izvlačenje vodiča preko provalija, plovnih rijeka i inače teško prolaznog zemljišta.

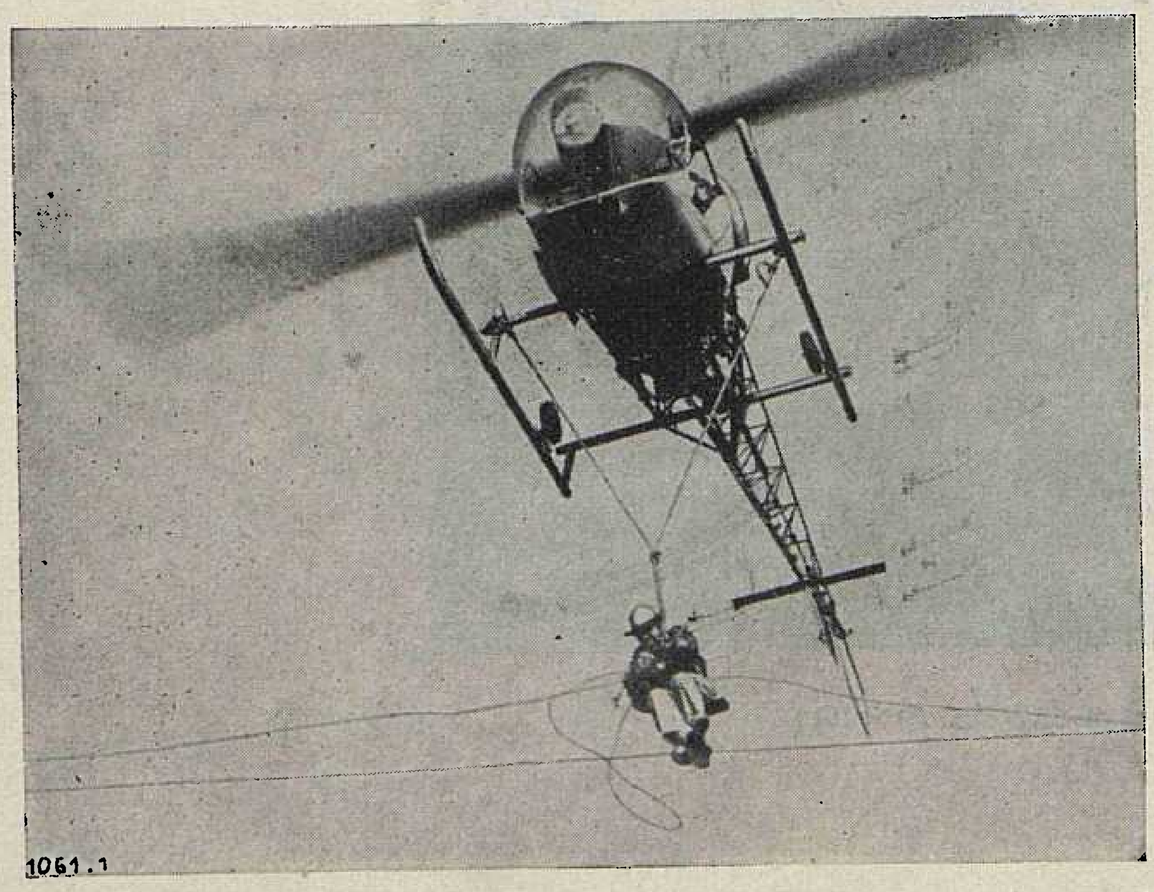
Naročito interesantan primjer za to je popravak dalekovoda nakon provale nasipa kod Fréjus-a (Francuska) u decembru 1959. Alouette II, vlasništvo EdF prenio je 23 stupa dužine 12 m i težine oko 300 kg. Također je položio užeta dužine do 1,2 km s okretnog kabelskog kotura. Dva dalekovoda popravljena su slijedeći dan nakon nesreće. Treći dalekovod koji je prolazio na dužini od 1200 m preko poplavljenog područja, ne bi se u prvo vrijeme mogao uopće popraviti bez helikoptera, jer je visoki glib sprečavao još duže vremena svako kretanje po zemlji.

Do sada su laki helikopteri upotrebljavani skoro isključivo samo za kontrolu i brze popravke dalekovoda (sl. 1). Novi modeli lakih helikoptera kao Bell-Agusta 104, Brantly B2 i Hughes 269A pružaju nove mogućnosti na ovom području, jer im je cijena oko 25.000 SAD dolara, dakle svega 60 % od cijene starijih konstrukcija, uslijed čega se osjetno snizuju troškovi jednog sata leta.

Daljnja upotreba helikoptera pri gradnji dalekovoda se može očekivati samo, ako budu raspoloživi helikopteri s većom prijenosnom moći. U SAD su već pred više godina počeli prvi sistematski pokusi s velikim helikopterima. U većini evropskih zemalja raspoloživi su samo laki helikopteri.

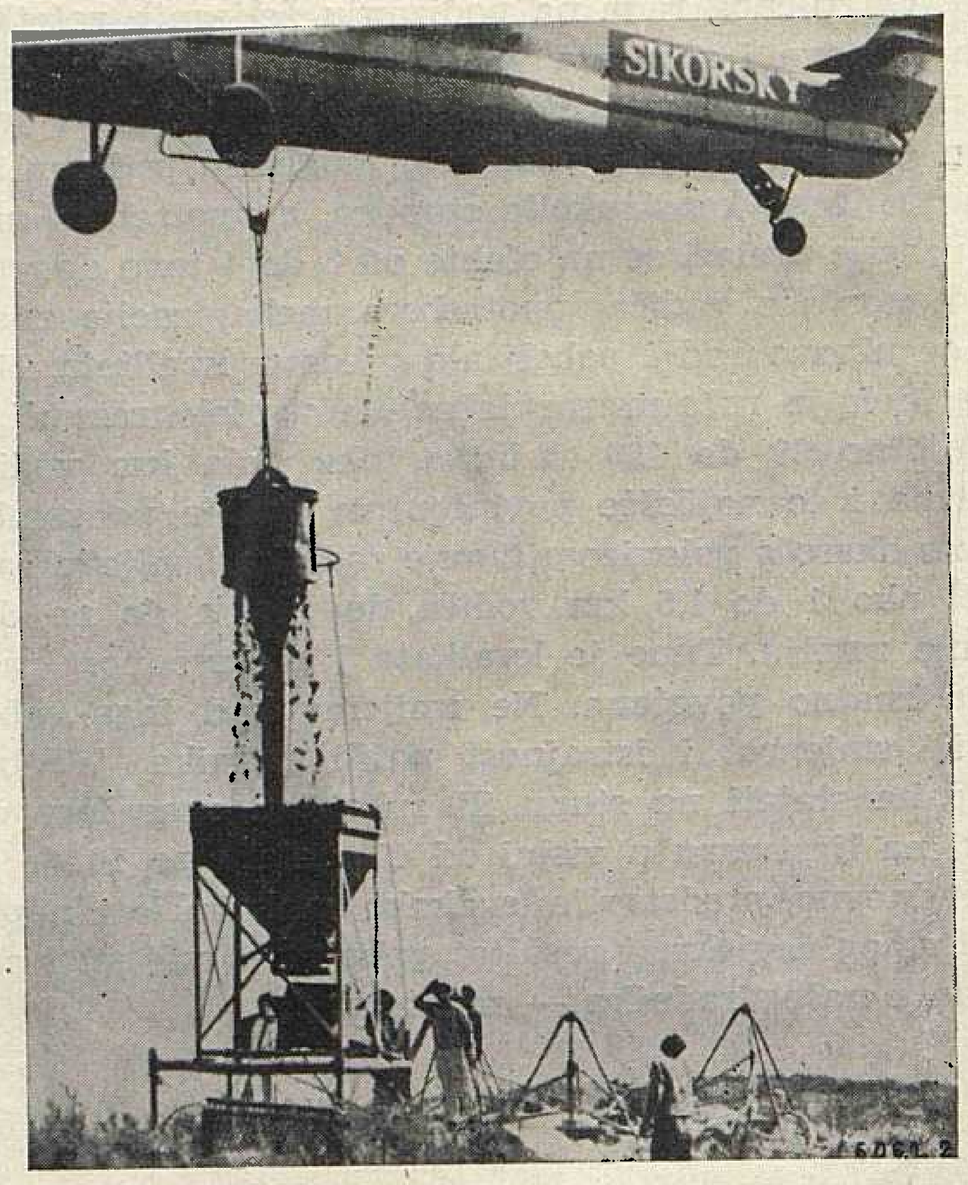
U Kalifforniji je 1957. trebalo izgraditi dalekovod za televizijsku stanicu u brdima sjeverozapadno od Santa Barbara. Zemljište je bilo ispresijecano jarugama i skoro neprohodnim padinama, a najbliža udaljenost do autoceste iznosila je 4,8 km. Utvrđeno je da će biti potrebno najmanje 2 mjeseca za postavljanje 63 drvena stupa.

Sl. 1. Popravak dalekovoda helikopterom tipa Bell-Agusta 47 G 2



Firma Sikorsky Aircraft, Stratford (Conn.) stavila je na raspolaganje novi helikopter S 58, koji je prenio sa stovarišta 63 drvena stupa dužine između 9,75 m i 12,2 m, a težine između 450 i 725 kg i postavio ih u prije iskopane rupe, gdje su postavljeni uz pomoć dvojice radnika. U roku od 2 dana u 7,5 sati leta preneseni su svi stupovi na udaljenosti između 3,2 i 6,4 km.

Srednje radno vrijeme leta iznosilo je 7,5 minuta po stupu. Uštedeno je oko 40% od nekada predviđenih troškova, a vrijeme gradnje je znatno sniženo.



Sl. 2. Betoniranje temelja pomoću helikoptera

Kod slijedećeg posla postignuti su unatoč težim uvjetima još bolji rezultati, zbog bolje izvršenih priprema i saradnje sa osobljem na zemlji i zbog uvježbanosti pilota. Područje rada nalazilo se na većoj visini (1500 m), a preneseno je 112 drvenih stupova dužine 18,30 i oko 1000 kg teških, na udaljenosti između 1,6 i 4,8 km. Srednje vrijeme, uključivši povratni let bez tereta, iznosilo je prosječno 6,5 minuta.

Helikopter uspješno obavlja i sam transport u teškom zemljištu. Tako je za 65 sati leta prevezeno 525 t čeličnih konstrukcija u snopovima, dijelova opreme i teškog alata za gradnju transformatorskih stanica na potezima između 6,4 km i 9,7 km. Pojedinačni teret kretao se između 1000 i 1450 kg. Uzevši u obzir sve troškove, uključivši i otpis za helikopter, iznosili su troškovi 4,25 $/tkm. Budući da je teret bio pripremljen za transport kamionima, smatra se, da bi kod drukčije podjele tereta, a u ovisnosti o najvećoj nosivosti helikoptera, bilo moguće izvršiti transport uz cijenu od 3,10 $/tkm.

U brdovitom i nepristupačnom zemljištu betonirani su temelji čeličnih rešetkastih stupova pomoću helikoptera. Na centralnom mjestu nalazila se je mješalica odakle je helikopter prenosio gotov beton pomoću posude sadržaja 0,4 m³, težine 1,2 t do stupnog mjesta, gdje je beton spušten u napravu za lijevanje (sl. 2). Trajanje leta iznosilo je u prosjeku 3 do 4 minute, a prijenos jednog tereta na udaljenost između 1,6 km i 4,8 km. Uštede iznose do 60 % u usporedbi s normalnim načinom gradnje.

Prilikom gradnje emisione radio-stanice preneseni su helikopterom čelični rešetkasti stupovi velike težine, te je svaki stup podijeljen u 3 dijela, težine po 1,5 t. Nakon izvjesne vježbe uspjeli su piloti postaviti dijelove stupa tačno

na betonske temelje, odnosno dijelove stupa jedan na drugi, pri čemu su monteri sa zemlje morali samo neznatno pomagati užetom. Za prijenos jednog stupa na udaljenost između 6,4 km i 9,6 km iznosilo je prosječno vrijeme leta 24 minute. Helikopterom su također transportirani radnici, kompresori i ostali alat.

Interesantna je bila upotreba helikoptera za gradnju dalekovoda na otoku Puerto Rico (Mali Antili), gdje vlada tropska vegetacija, a nema puteva. Nadalje trasa voda prolazi poljima sa šećernom trskom, gdje je 8 mjeseci godišnje skoro nemoguća izgradnja voda uobičajenim načinom.

Upotrebljen je helikopter S 58, koji je postavio 250 drvenih stupova dužine do 20 m i težine do 1700 kg (sl. 3) i 100 gotovo montiranih konzola, te izvukao iz zemlje 35 starih stupova.

Stupovi se vade tako, da helikopter lebdi iznad stupa preko čijeg vrha je bačena laso-zamka. Helikopter se podigne i time pritegne zamku, a zatim se pomakne jedanput kratko naprijed i natrag i već može izvući olabavljeni stup.



Sl. 3. Helikopter tipa Sikorsky S 58 postavlja drvene stupove dalekovoda u Puerto Ricu

Ovaj pokus bio je naročito važan, jer treba zamijeniti godišnje 20.000 dotrajalih drvenih stupova.

Unaprijed su iskopane jame, a zatim je helikopter stupio u akciju, te prenio i postavio stup sa konzolama, izolatorima itd., odnosno 2 ili 3 stupa za portale. Kod postavljanja stupova prihvatale su stupove 3 grupe po 2 čovjeka i nabile su zemlju. Prijenos konzola portala s izolatorskim lancima i svim priborom težine do 1,7 t nije činio poteškoće. Monteri koji su sjedili na stupovima lako su učvrstili konzole. Stupovi su postavljeni za četvrtinu vremena. Najviše je u jedan dan preneseno 100 stupova.

Troškovi vlastitog helikoptera iznosilili su 175 — 200 $ SAD, a kod najma 300 — 375 $. Kod upotrebe helikoptera iznosili su troškovi po stupu između 35 i 70 $, dok bi bez helikoptera iznosili između 120 i 380 $, u ovisnosti o terenskim poteškoćama. U 10 mjeseci godine 1959. uštađeno je pomoću helikoptera 227.000 $, što približno odgovara cijeni jednog helikoptera S 58.

Krajem 1959. započelo se na Puerto Rico montažom užeta pomoću helikoptera (sl. 4), na koji je učvršćen slobodni kraj užeta i to pomoću utega, koji je visio 15 m ispod trupa zbog sigurnosnih razloga. Helikopter je razvukao uže iznad portala na dužinama do 3000 m (sl. 5). Poteškoću je činilo srednje uže koje je trebalo provesti ispod portala, što je rije-



Sl. 4. Montaža vodiča helikopterom koji prenosi bubanj s užetom

šeno tako da je monter koji je sjedio na stupu prihvatio uže i provukao ga kroz portal, a zatim ga opet pričvrstio na uteg. Ovo je išlo polaganije nego kod vanjskih užeta, ali je ipak imalo prednosti. S 58 izvršio je prosječno dnevno montažu od oko 1,6 km voda uz ukupne troškove od 1500 $. Nekada se trebalo u ovom terenu za 1,6 km otprilike 2 tjedna, uz trošak od oko 4.400 $.

Helikopter postaje ekonomičan tek ako se upotrebljava više sati dnevno i tada po mogućnosti bez prekida. Zato je trebalo na centralnom skladištu izvršiti temeljitu pripremu stupova i opreme i tako ih uskladištiti da se je posao odvijao bez zastoja za vrijeme rada helikopterom. Stupovi su numerirani i tako pripremljeni, kako ih je trebalo odvesti i postaviti na trasi. Iskop jama presjeka 0,75 × 0,75 m, dubine 2 m bio je skup i dugotrajan. Mjesto toga je upotrebljena bušilica, koju je prenosio helikopter, a promjer rupa iznosio je svega 40 cm.

Kod upotrebe helikoptera za gradnju dalekovoda uspjeh ovisi u znatnoj mjeri o svojstvima i suradnji osoblja, u koje se ubraja, pored pilota i mehaničara na helikopteru,

Sl. 5. Helikopter razvlači užeta



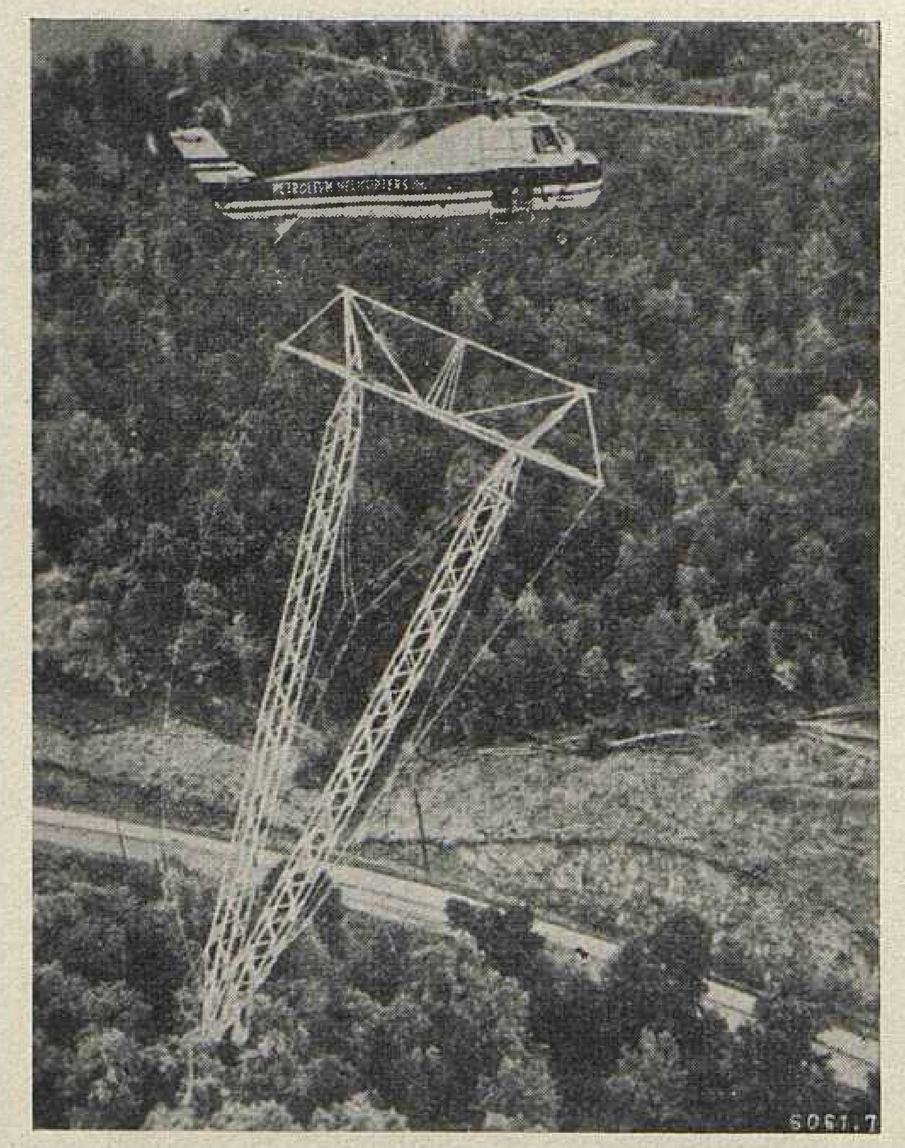


Sl. 6. Helikopter uzima stup s glavnog skladišta

i osoblje na zemlji. Ako uspije ostvariti među njima saradnju, može se helikopterom raditi još ekonomičnije, ali uz to treba već kod priprema uzeti u obzir osobitosti i mogućnosti helikoptera (sl. 6).

Godine 1960. građen je u Virginiji dalekovod dužine 47 km na valovitom zemljištu, a unaprijed se predviđala upotreba helikoptera tipa S 58. Prvo jutro prenio je helikopter sve čelične dijelove za 17 rešetkastih stupova težine 122 t za vod dužine 7,2 km, na pojedina stupna mjesta. Normalno bi ovaj transport trajao tri tjedna. Kod podizanja stupova upotrebljen je helikopter kao leteći kran, podižući sastavljene pojedine strane stupa. Nadalje je helikopter transportirao gotove drvene portalne stupove s izolatorskim lancima i po-

Sl. 7. Helikopter prenosi rešetkasti portalni stup od lakog metala dugačak 24 m



stavio ih u unaprijed izbušene jame. Slično kao i na Puerto Rico užeta su montirana iz zraka, ali je poboljšan učin, jer je za 4,5 sata leta razvučeno 37 km užeta.

Zbog stjecanja iskustva uzet je kao pokusni objekt portalni rešetkasti stup od lakog metala, visine 24 m, s voda napona 138 kV. Postojala je bojazan da helikopter neće moći manevrirati opterećen teretom takvih dimenzija. Međutim, helikopter je u roku od 10 minuta prenio stup na udaljenost od 2 km i postavio na stupno mjesto (sl. 7).

Vrijeme gradnje dalekovoda s helikopterom skraćeno je na jednu trećinu normalno potrebnog vremena. Planira se uskoro gradnja voda napona 345 kV, dužine 190 km, gdje će se u znatnoj mjeri upotrebljavati helikopteri, ali većeg tipa.

Do sad su kod gradnje dalekovoda helikopteri upotrebljavani na teško pristupačnom zemljištu. U gusto naseljenoj Evropi ima daleko manje dionica dalekovoda u nenaseljenom i teško pristupačnom zemljištu nego na primjer u Americi. Ipak postoji mogućnost kod planiranja postrojenja predvidjeti helikopter tako da se i kod normalnog zemljišta i postrojenja putova može ekonomično upotrebiti i da se troškovi barem približe troškovima s konvencionalnim metodama građenja. Ovo se može postići naročito uštedom vremena i to ne samo kod radova na gradnji, nego i kod sporednih radova, jer se mnogo vremena izgubi kod pretovara. Zato treba kod planiranja predvidjeti za helikopter sve radove koje može izvršiti, a ostala vozila eliminirati.



Sl. 8. Teretni helikopter tipa Boeing-Vertol 107.

Veliki problem predstavlja iskorištenje kapaciteta helikoptera. Često se moralo zadovoljiti sa 50 do 60 %. Prazni hod je jednako neugodan kod vlastitih helikoptera, kao što je kod iznajmljenih neproduktivno, možda višestruko polijetanje i slijetanje. Cijena jednog sata leta vlastitog helikoptera iznosi oko 50 do 60 % od cijene iznajmljenog. Kod nedovoljne iskoristivosti kapaciteta može iznajmljeni helikopter lako biti jeftiniji od vlastitog helikoptera s mnogo sati praznog hoda.

Prednost helikoptera u Evropi bila bi u skraćenju vremena gradnje i racionalnijem iskorištenju stručne radne snage. Hitnost izgradnje i pomajkanje radne snage mogle bi helikopteru ubrzo stvoriti velik značaj kod gradnje dalekovoda, ako se jedanput počne i ako su raspoloživi odgovarajući strojevi. Ručni rad kao montaža konzola, izolatora itd., za koji je potrebna stručna radna snaga, može se koncentrirati na centralnom gradilištu. Na taj način otpadaju putovanja po terenu i nošenje alata, pribora i ostalog. Za sada je još uvijek svako stupno mjesto jedno malo gradilište za sebe.

Bez pokusa u vlastitoj zemlji teško je stvoriti vjernu sliku. Zainteresirane strane u elektroprivredi moraju se udružiti za vršenje takvih pokusa. Pri tom treba imati u vidu da postoji pomanjkanje većih civilnih helikoptera.

Helikopteri koji mogu prenijeti do 1,5 t korisnog tereta (ako se opskrbe samo djelomično gorivom ovaj iznos može biti nešto veći) stoje oko 250.000 do 375.000 $, a vijek trajanja im je 4 do 10 godina, u ovisnosti o broju sati leta. Za jedan sat leta treba 500 litara avionskog benzina, čija je cijena oko 60 % cijene automobilskog benzina. Za postizavanje neke ekonomičnosti, potrebno je barem 600 sati leta godišnje. Vlastita cijena jednog sata leta iznosi 175 do 200 $.

Ekonomičnost raste sa veličinom helikoptera. Modeli čija je korisna nosivost između 2,5 i 4 t, a koji se djelomično serijski proizvode, stoje između 550.000 i 700.000 $. Proizvođači tvrde da je cijena jednog sata leta između 225 i 375 $ u ovisnosti o modelu i broju sati leta godišnje. Iznosi su informativni, jer se kalkulacije osnivaju na različitim pretpostavkama, kao što su na primjer plaće pilota, osiguranja itd. Općenito se mogu od novih većih helikoptera, koji su na turbinski pogon, očekivati relativno povoljniji rezultati.

Kad se pojave na tržištu jači modeli helikoptera, znatno će se proširiti područje upotrebe i kod gradnje dalekovoda, jer ovi modeli mogu prenositi velike terete. Tako na primjer S 61, opskrbljen gorivom, prenosi korisni teret od 3,7 t, a na kratkim potezima do 4,2 t. Ima već modela koji na stražnjem dijelu imaju utovarnu rampu, koja za vrijeme leta može ostati otvorena, tako da iz helikoptera mogu strišiti dugi predmeti kao na primjer stupovi (sl. 8). Nedavno je završen prototip modela koji može prenositi korisni teret od 7,2 t na kratkim potezima.

U budućnosti će biti od naročitog značaja za gradnju dalekovoda takozvani »leteći kranovi«. To su helikopteri kod kojih je ispušteno inače uobičajeno tijelo sa unutarnjim prostorom, zbog uštede prostora, tako da ostaje samo noseća konstrukcija za prihvatanje i spoj ostalih dijelova. Pokusne konstrukcije prenose skoro 5 t, a na turbinski pogon čak i 8 t. Postoji mišljenje da današnja tehnička sredstva omogućuju gradnju modela nosivosti 40 t.



Sl. 9. Leteća dizalica Sikorsky 60 tovari transformator

Dolazi se do zaključka da su dosadašnji pokusi dokazali upotrebljivost helikoptera kod gradnje dalekovoda kao transportnog sredstva i kao letećeg krana (sl. 9). Ekonomska strana je bila vrlo povoljna u teško pristupačnom zemljištu gdje je gradnja normalnim sredstvima komplicirana i skupa. Pokusi moraju pokazati da li je moguće u normalnom zemljištu ekonomično graditi s helikopterom, što ovisi o njegovoj iskoristivosti. Jači tipovi helikoptera imat će zbog veće nosivosti bolju primjenu kod gradnje dalekovoda, a osim toga bit će u pogonu ekonomičniji od tipova koji su sada u upotrebi.

Ing. Karlo Fišer

Prilog proračunu gubitka tlaka u cjevovodima

Kod računanja gubitaka u cjevovodima za akumulacije kod hidroelektrana, vodovode i sl. po Colebrookovoj formuli treba odrediti koeficijent trenja λ iz Darcy-Weissbachove formule

$$h = \lambda \frac{L\, v^2}{d\, 2g} \text{ m} \qquad (1)$$

gdje je

h — gubitak tlaka u cjevovodu m
λ — koeficijent trenja
L — dužina cjevovoda m
d — nutarnji promjer cjevovoda m
v — brzina protjecanja medija m/s
g — ubrzanje sile teže m/s²

Koeficijent λ ne računa se po pravilu analitički, jer je Colebrookova formula za prijelazno područje

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2{,}51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3{,}71\, d} \right) \qquad (2)$$

gdje je

Re — Reynoldsov broj
k — hrapavost u m

implicitna, pa se λ mora računati iskušavanjem. Taj se dugotrajni posao može izbjeći tako da se λ odredi grafički iz Moodyevog dijagrama u obliku harfe, gdje je prikazan kao funkcija Reynoldsovog broja Re, za različite omjere k/d. Re se računa iz odnosa

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \qquad (3)$$

gdje je

v — brzina protjecanja medija m/s
d — promjer cjevovoda m
ν — kinematička viskoznost m²/s.

Kod praktičnog računanja cjevovoda i mreža gubici se određuju iz nomograma u kojima je specifični gubitak (ili pad) $h/L = I$ m/km ucrtan u ovisnosti o protoku Q lit/s za razne promjere cijevi. Nomogrami su računani za određene uvjete i pretpostavke. Tako je npr. Njemačko društvo plinarskih i vodovodnih stručnjaka (DVGW) izdalo tablice i nomograme, posebno za $k = 0{,}1$ mm i posebno za $k = 0{,}4$ mm kod 10° C i preporučilo njihovu primjenu kod proračuna vodovodnih cjevovoda i mreža. Ima također nomograma kojima se mogu grafički obaviti sve naprijed spomenute matematičke operacije (npr. Manual of British Water Works Engineers), no postupak nije naročito praktičan.

Zbog toga se u izuzetnim slučajevima, gdje su uvjeti različiti od onih na osnovu kojih su računane tablice, moramo služiti ili Moodyevim dijagramom ili se koeficijent trenja λ mora odrediti analitički, ako nemamo taj dijagram u dovoljno velikom mjerilu. Ima doduše i raznih pojednostavnjenih formula, no one često vrijede samo za određeno područje.

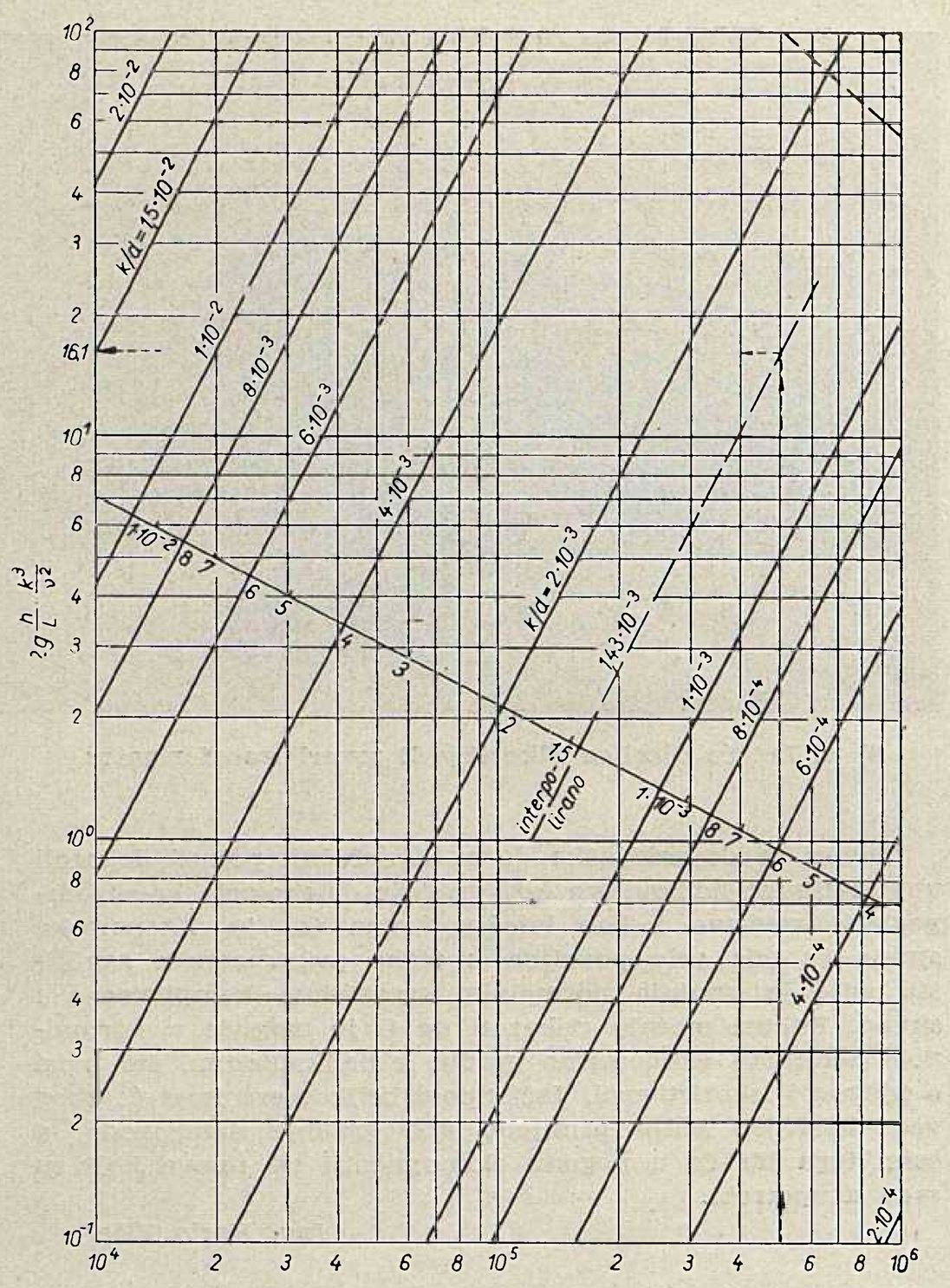
B. P. Sangal (*Flow Problems in Pipes*, Water Power, 1961, str. 450) prikazao je grafičku metodu koja se može univerzalno primjenjivati. Ona je jednostavnija od računanja pomoću Moodyevog dijagrama, jer se Sangalov nomogram sastoji od pravaca a ne od krivulja, i sam postupak je kraći. Polazi se od Darcy-eve formule (1), koja se preinači u

$$2g \frac{h}{L} = \lambda \frac{1}{d} v^2 \qquad (4)$$

Ako se obje strane pomnože sa k^3/ν^2, a desna pored toga još sa d^2/d^2, dobije se

$$2g \frac{h}{L} \frac{k^3}{\nu^2} = \lambda \left(\frac{k}{d} \right)^3 Re^2 \qquad (5)$$

Tako se s lijeve strane jednadžbe dobije grupa koja je samo funkcija Reynoldsovog broja i relativne hrapavosti. U



Nomogram $Re - 2\,g \cdot \frac{h}{L} \cdot \frac{k^3}{\upsilon^2}$ za razne omjere k/d

nomogram se ona nanese kao funkcija Re za razne omjere k/d. Vrijednosti λ uzmu se iz Moodyeva dijagrama ili tablica. Tačnost računa ovisi dakako — pored tačnosti podloga — o mjerilu u kome je crtan dijagram.

Primjerima ćemo prikazati upotrebu nomograma.

Primjer a)

$d = 100$ mm ø, $Q = 7$ lit/s, $\upsilon = 0{,}89$ m/s.

$k = 0{,}4$ mm, kod 10° C, $\nu = 1{,}31.10^{-6}$ m²/s.

$$Re = \frac{\upsilon \cdot d}{\nu} = \frac{0{,}89 \cdot 0{,}1}{1{,}31}\ 10^6 = 6{,}8 \cdot 10^4$$

$$k/d = 0{,}4/100 = 4 \cdot 10^{-3}$$

Iz nomograma se za prednje vrijednosti dobije

$$2\,g\,\frac{k^3}{\nu^2} \cdot \frac{h}{L} = 8{,}9$$

iz čega slijedi, jer je lijevo sve osim h/L poznato,

$$h/L = I = 12{,}18 \text{ m/km}.$$

Iz tablice DVGW za istu se vrijednost dobije $I = 12$ m/km, razlika je dakle samo 1,5 %.

Primjer b)

$d = 700$ mm ø, $Q = 360$ lit/s, $\upsilon = 0{,}94$ m/s.

$k = 1$ mm, ν kao gore.

$$Re = 5{,}025 \cdot 10^5$$

$$k/d = 1{,}43 \cdot 10^{-3}$$

$$2\,k\,\frac{k^3}{\nu^2} \cdot \frac{h}{L} = 16{,}1$$

Iz toga slijedi

$$I = 1{,}41 \text{ m/km}$$

dok je prema tablicama $I = 1{,}389$, dakle razlika samo 1,51 %.

Korisno je, ako se u nomogramu okomito na smjer krivulja k/d ucrta skala u logaritamskoj razdiobi zbog lakše interpolacije krivulja k/d prema potrebi.

Ing. Vlatko Dabac

Led i bura na dalekovodu 110 kV HE Vinodol — Senj

Trasa dalekovoda 110 kV Vinodol–Senj dužine 41 km prolazi paralelno s obalom na udaljenosti od 0,5 do 3 km od mora. Vodiči dalekovoda su od alučela 240 mm².

Dalekovod prolazi područjem, koje je izloženo jakim vjetrovima, čija brzina može prijeći i 150 km/sat.

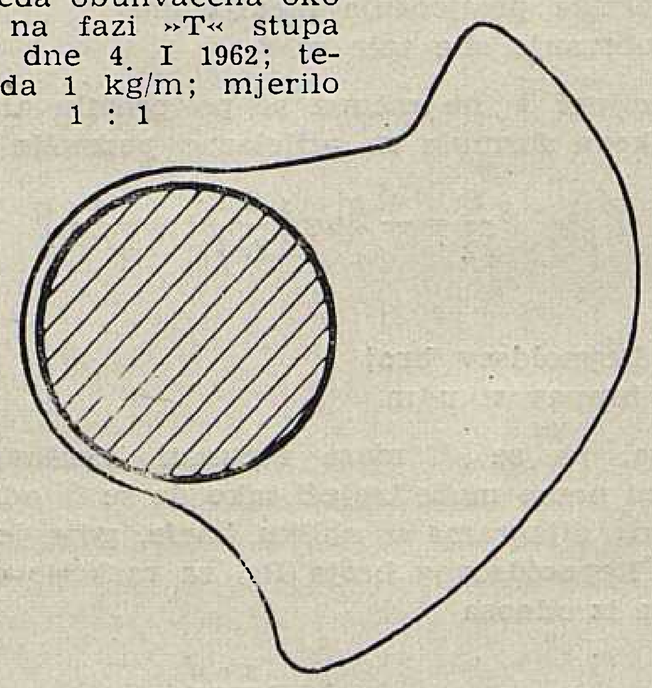
Već u početku rada dolazilo je uslijed nevremena do ispada toga dalekovoda, ali je najzapaženija nepogoda na njemu bila u vremenu između 3–5. 1. 1962.

U noći 3. 1. 1962. između 02.51–03.27 zaštita u HE Vinodol je signalizirala i izbacila u više navrata dalekovod 110 kV Vinodol–Senj.

Nakon nekoliko neuspjelih pokušaja ponovnog ukapčanja vod je definitivno isključen i uzemljen. Radarom iz HE Vinodol vod je ispitan i pokazivao je nepotpuni zemni spoj. Ekipa koja je odmah krenula na teren, ustanovila je da je vod potpuno ispravan, da su izolacije i vodiči sasvim normalni, ali da se uslijed vjetra i niske temperature na vodičima uhvatio led jednostrano u promjeru od 5 cm i to u duljini od cca 15 cm.

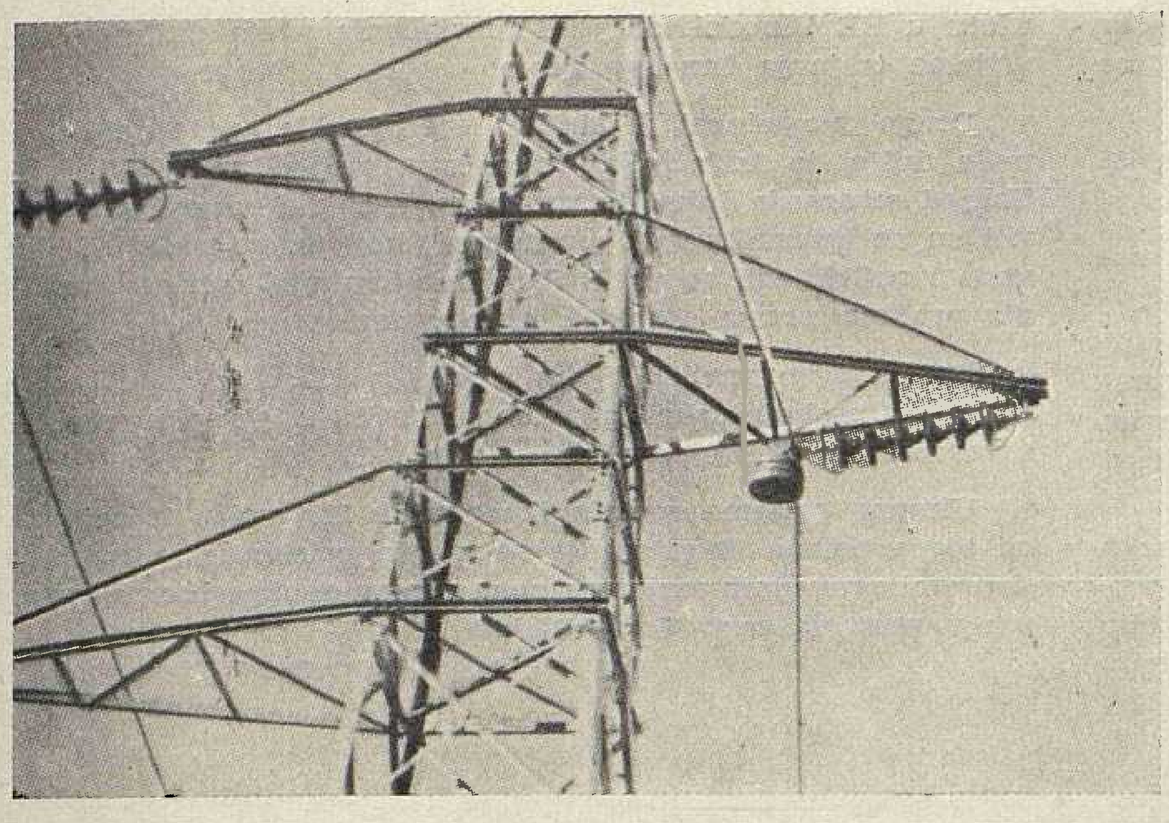
Nejednaka površina leda i jaki vjetar uzrokovali su da su se vodiči otklanjali u potpuno horizontalan položaj na nekim kritičnim mjestima. Brzina vjetra bila je preko 100 km na sat.

Na pojedinim stupovima uslijed jakog otklona vodiča rogovi izolatorskog lanca dodirivali su konzole stupa na fazi T, te je i zaštita signalizirala i proradivala u fazi T zemni spoj.



Skica leda obuhvaćena oko vodiča na fazi »T« stupa br. 117 dne 4. I 1962; težina leda 1 kg/m; mjerilo 1 : 1

Bilo je stupova gdje se lanac na južnim konzolama (faza R), uslijed naglog udarca dizao iznad konzola. Popuštanjem



Led i vjetar na dalekovodu Vinodol–Senj, dne 3. I 1962; detalj

vjetra lanac je djelomično pao na konzolu, oštetivši nekoliko izolatora.

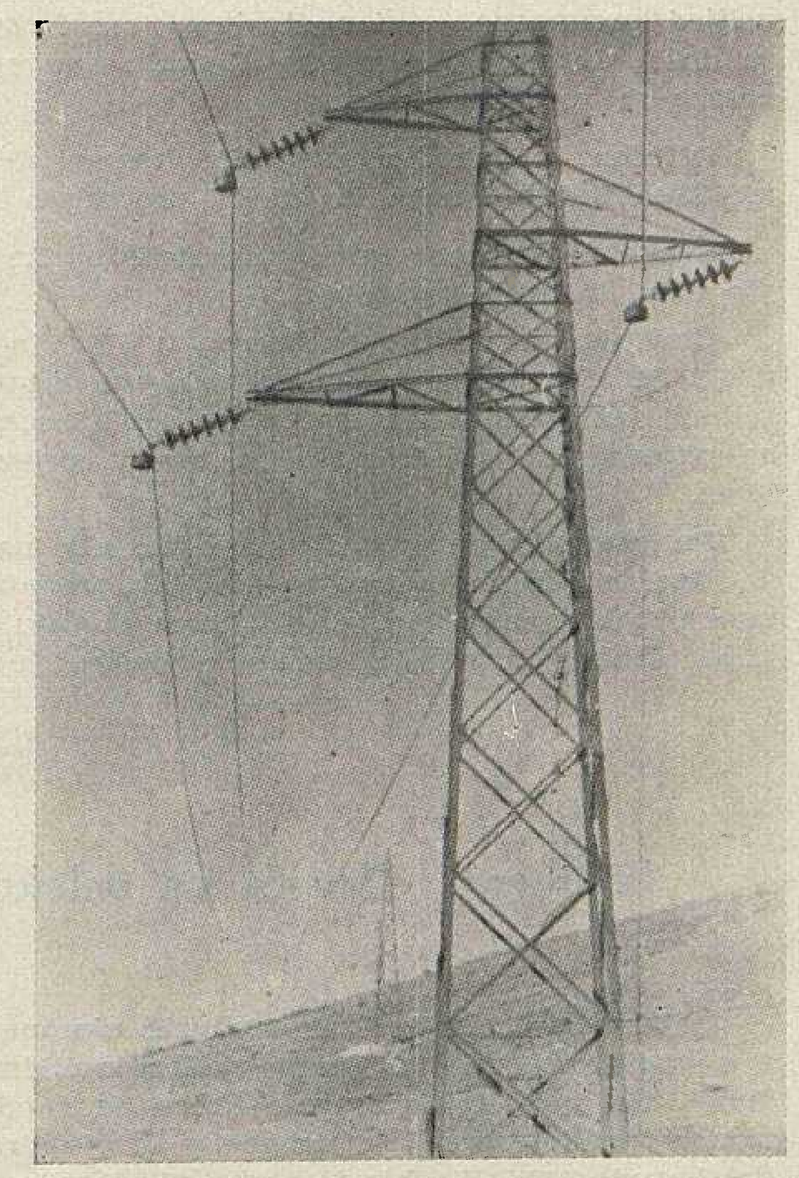
Led na vodičima nije nastao uslijed snijega ili zamrzavanja para hladnog zraka i stvaranja inja, već je nastao uslijed zamrzavanja kiše na vodičima, koja je s jakim vjetrom padala te noći, a to je vidljivo iz oblika leda na vodičima u obliku polumjeseca sa sjeverne strane tj. sa smjera puhanja bure.

Istim takvim ledom jednostrano obuhvaćeno je bilo i sve raslinje i kamenje u okolici voda na tom dijelu trase. Stupovi su također bili pokriveni ledom cca 15–20 mm debljine.

Ovakvo stanje na vodu trajalo je sve do 5. 1. 1962. u 10.50 sati, te je do tada onemogućen normalan pogon.

Dne 5. 1. 1962. od 02.30 do 05.00 pokušalo se ugrijati kratko spojene vodiče, s jednim agregatom u HE Vinodol ali nije uspjelo podići temperaturu do taljenja leda.

Računom je ustanovljeno da za odleđivanje leda jednoliko raspoređenog oko vodiča promjera 9 cm, kod brzine



Led i vjetar na dalekovodu Vinodol–Senj, dne 3. I 1962.

vjetra od 20 m/sek i kod struje od 600 A, treba oko 2 sata. (Prema Ing. Jelašić: Borba sa zaleđivanjem vodiča, Zagreb 1948.)

Da bi se ubuduće otklonile gore navedene smetnje na dalekovodu Vinodol–Senj, odlučeno je da se na kritičnim mjestima učvrsti izolatorski lanac preko U-produžnika i da se stave dodatni utezi.

Ing. Zlatimir Posedel

Pojava luka na sabirnicama u TS SENJ

Pojava luka i tropolni kratki spoj na sabirnicama u TS Senj dne 14. 3. 1962., s obzirom na svoj uzrok i posljedice, zaslužuje da se makar i u kratkom prikazu opiše i objasni.

TS Senj 110/35 kV nalazi se u neposrednoj blizini Senja, kao krajnja i jedina transformatorska stanica priključena na dalekovod 110 kV Vinodol–Senj. Osnovna namjena te transformatorske stanice je dobava električne energije gradilištu HE Senj.

U postrojenju 110 kV nalaze se:

katodni odvodnici VOP 105,
linijski rastavljač sa noževima za uzemljenje,
strujni transformatori CDC 50/5/1 A,
pneumatski prekidač CGE tip APF 1507,
učinski neregulacioni transformator 10 MVA; 110/35 kV Yorkshire.

Postrojenje 35 kV sastoji se iz tri izlazna voda i mjerne ćelije a izvedeno je limenim ćelijama tipa »Hidromontaža«.

Od zaštite ugrađena je na dijelu 110 kV samo nadstrujna zaštita s udešenjem 1,4 × I_n te 2,5 sek i Buchholzov relej.

Dne 14. 3. 1962. u 09.20 dolazi istovremeno do dva kvara. U HE Vinodol na vodnom polju dalekovoda Vinodol–Senj izvlači se iz stezaljke spojno aluminijsko uže, koje spaja linijski rastavljač s izolatorskim lancem voda na izlaznom portalu. Izvlačenjem užeta iz stezaljke na rastavljaču dolazi do prekida jedne faze pod opterećenjem, a budući da se uže zanjihalo uslijed jake bure, i do preskoka luka na dva mjesta s rastavljača na uže. U TS Senj pojavljuje se luk iznad provodnih izolatora, transformatora na sabirnicama 110 kV, na sklopci 110 kV, te na sabirničkim rastavljačima i provodnim izolatorima 35 kV ćelije za dalekovod Žuta Lokva.

Od zaštita proradile su nadstrujna u TS Senj, te distantna zaštita BBC u HE Vinodol, i to u III stepenu (2,5 sek).

Kriva prorada distantne zaštite u HE Vinodol uzrokovana je bila krivim usmjerenjem releja uslijed zamjene stezaljki »u« i »x« na naponskim transformatorima (obratan polaritet).

Neispravnost smjera releja nije bila uočena prije, jer je opterećenje dalekovoda ispod 30 % nominalne struje, a u to vrijeme nismo ni posjedovali uređaj za ispitivanje ispravnosti spojeva.

Opseg kvara u HE Vinodol već je opisan. U TS Senj električni luk je oštetio sva tri provodna izolatora 110 kV na transformatoru Yorkshire i to u visini gornjih metalnih kapa i u području prvih gornjih rebara izolatora. Jedan izolator je potpuno napukao u toj visini. Manja oštećenja je pretrpio i izolator nul-točke transformatora i njegovo uzemljivačko uže uslijed preskoka luka sa faze T. Na odušniku transformatora također su bili vidljivi tragovi luka.

Električni luk je prouzrokovao oštećenja i na prekidaču 110 kV i to na kontaktima, limenim poklopcima glave prekidača, te je djelomično rastalio četiri iskrišta prema zemlji.

Također je oštećen i jedan strujni transformator 110 kV u fazi S. Nastupio je proboj između dva primarna namota

uslijed prenapona unutar strujnog transformatora. Također je došlo do proboja između vijaka za prespajanje koji se nalaze sa vanjske strane.

Oštećen je također sabirnički rastavljač dalekovoda 35 kV Žuta Lokva i nekoliko 35 kV provodnih izolatora.

Svakako je interesantno razmotriti na koji način je moglo doći do ovakovog kvara.

Činjenica je da su oba kvara, u HE Vinodol kao i ovaj u TS Senj nastupila istodobno, odnosno točnije, unutar proradnog vremena distantnog releja, tj. 2,5 sekunde. Postavlja se pitanje koji od kvarova je mogao prouzrokovati drugi kvar.

Pretpostavka da je došlo prije do luka na sabirnicama u TS Senj ne objašnjava pojavu velikih prenapona i niza preskoka unutar postrojenja, a u tom slučaju bilo bi daleko veće oštećenje stezaljke na rastavljaču i na aluminijskom užetu u HE Vinodol, da je do izvlačenja užeta došlo već za vrijeme trajanja kratkog spoja.

Druga mogućnost je daleko vjerojatnija, a to je da je prije došlo do izvlačenja užeta iz stezaljke u HE Vinodol. Uslijed stvaranja luka, te preskoka luka na rastavljač pojavili su se intermitirajući prenaponi, koji su se prenijeli duž voda i reflektirali se u TS Senj kao krajnjoj točki i izazvali niz proboja prema zemlji i između faza.

Da su prenaponi bili vrlo visoki, vidi se iz toga što je došlo do proboja iskrišta prema zemlji na sklopkama CGE s razmakom od 850 mm.

Ukupno vrijeme zastoja iznosilo je 111 sati i 10 minuta, od tog vremena 52 sata nije se moglo pristupiti radovima i dopremi provodnih izolatora zbog veoma snažne bure i snježnih nanosa na cesti Senj—Rijeka.

Ing. Egon Mileusnić

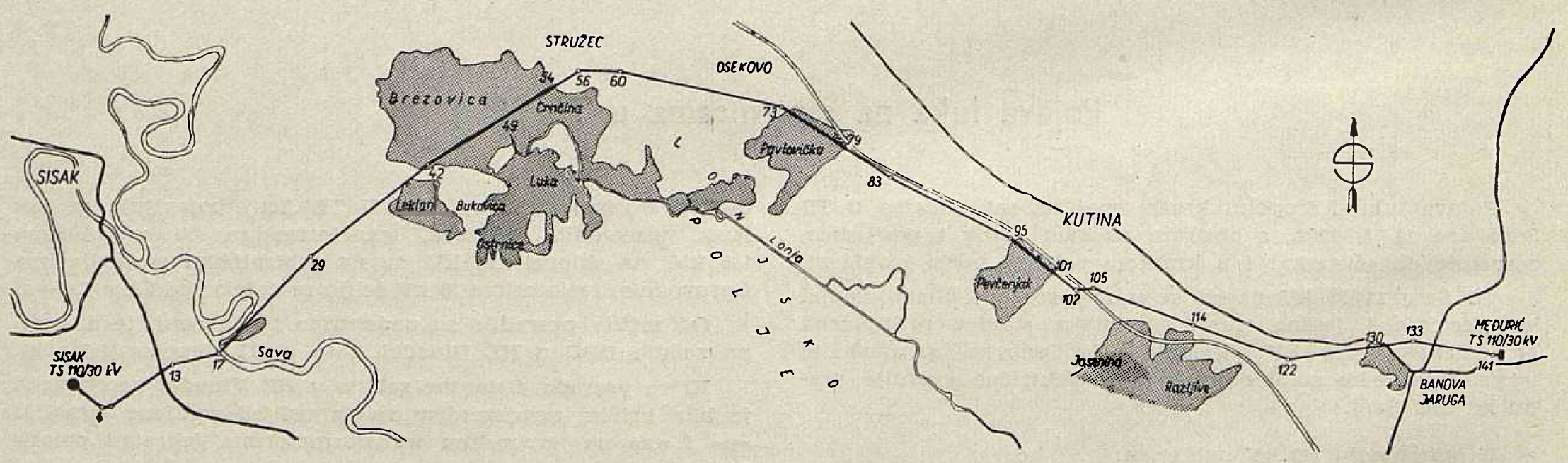
Polijeganje drveća na dalekovodu 110 kV Sisak — Međurić uslijed snijega i leda

Dalekovod 110 kV Sisak—Međurić ukupne dužine 48 km i s vodičima Alče 150 mm² prolazi velikim dijelom kroz šume. Na tom dijelu trase iskrčen je i održavan prosjek prema privremenim propisima za projektiranje i gradnju dalekovoda 110 kV, objavljenim u Službenom listu FNRJ br. 6 od 6. lipnja 1949. Ti su propisi zahtijevali da prosjek bude jednak najvećem horizontalnom razmaku vodiča + 15 metara. Isto su tako propisi zahtijevali da se iskrče stabla sumnjive čvrstoće, koja bi svojim padom ugrozila njegovu pogonsku sigurnost. Takvi propisi pokazali su se nepodesnim naročito za mladu, ali visoku šumu kroz koju prolazi dalekovod.

Jedan od najkarakterističnijih slučajeva ugrožavanja pogonske sigurnosti dalekovoda u prosjeci raskrčenoj prema gore navedenim propisima, desio se na dalekovodu 110 kV Sisak—Međurić 28. 12. 1961. Ekipa, koja je otišla na teren naišla je na neobičan prizor. Prolazeći kroz hrastovu i grabovu šumu duž dalekovoda, grane drveća na strani raskrčenog dijela šume, pod teretom velike količine snijega i leda, polegle su na vodiče dalekovoda stvarajući mjestimično tunel od grana. Vodiči su se nalazili na dohvat ruke.

Na sječi velikog broja drveća, koje je ugrožavalo dalekovod učestvovalo je 15 ljudi, koji su tek nakon 34 sata osposobili dalekovod za pogon. Da ne bi i dalje šuma ugrožavala dalekovod, odlučeno je staru prosjeku proširiti prema novim propisima obavljenim u Službenom listu FNRJ br. 24/60 — dodatak, koji zahtijevaju da udaljenost voda od bilo kojega dijela stabla treba da bude 2 metra. Ova sigurnosna udaljenost mora biti održana i u slučaju prevaljivanja stabla, pri čemu se uzima da su vodiči u neotklonjenom položaju.

Ing. Zlatimir Posedel



Situacija trase dalekovoda 110 kV Sisak—Međurić
(tamne površine su šume)

Termoelektrana Zagreb II ulazi u probni pogon

U toku maja izvršene su pripreme za ulazak u montažna ispitivanja postrojenja, sušenje kotlova, pripremljen je prvi turboagregat i djelomično su završeni uređaji za automatizaciju i regulaciju pogona kotlova, turbina, transporta ugljena itd. Kroz juni izvršit će se veći dio ispitivanja i dovršavanja daljinskog upravljanja, mjerenja i regulacije toplinskih postrojenja, tako da će, ne bude li većih iznenađenja, probna proizvodnja početi najkasnije u toku jula.

Ovom prilikom nešto više o turboagregatima, jer će, kako se već iz naslova vidi, ovog ljeta krenuti objekt u pogon kao kondenzaciona elektrana, dok će toplinski dio za snabdijevanje toplinskog konzuma krenuti kasnije kako postepeno budu završavane dionice toplinskih mreža.

Električna transformatorska stanica 110/30 kV u sklopu elektrane i gradski razvod 30 kV već je u pogonu.

Odabrane su dvije jedinice turboagregata jednakih proizvodnih mogućnosti, kako za proizvodnju protutlačne tako i kondenzacione energije. Time je prevladao elektroprivredni zahtjev sigurnosti proizvodnje električne energije pod svim uslovima, te su otpale sve druge kombinacije. Pod elektroprivrednom sigurnošću misli se ovdje na sigurnost sa stanovišta snabdijevanja koncentriranog gradskog i industrijskog konzuma u najvećoj blizini Toplane, tj. generatori Toplane imaju preuzeti svoju ulogu u gradskoj mreži na potpuno istom stepenu odgovornosti kao i napojni transformatori. Oni će biti stalan izvor električne energije, u prvom redu protutlačne, a povremeno i kondenzacione, pa će prema tome imati svoje stalno mjesto u bilanci potrošnje lokalnog konzuma.

Izbor veličine agregata 2 × 32 MW kod cos $\varphi = 0{,}8$ odnosno 2 × 36 MW kod cos $\varphi = 0{,}9$ usklađen je s veličinom lokalnog konzuma, toplinskim konzumom i konačno i s kapacitetom kotlova. Svaki agregat može odavati paru za istovremeno zimsko prosječno opterećenje obiju toplinskih mreža, što daje 25 MW električne snage i ostatak do 32 MW može istovremeno proizvesti u kondenzacionu pogonu. Kod januarskih prosjeka opterećenja mreža imamo 30 MW kod čistog protutlačnog pogona.

Podaci pojedine turbine su ovi:

Izvedba: dvokućišna, akciona, kondenzaciona s oduzimanjima,

Snaga: 32000 kW, maksimalno trajno, kod cos $\varphi = 0{,}8$
36000 kW, maksimalno trajno, kod cos $\varphi = 0{,}9$

Broj okretaja: 3000 u minuti

Protok:

visokotlačnog dijela, normalno 144 t/h
maksim. 210 t/h,
niskotlačnog dijela, normalno 75 t/h
maksim. 100 t/h
reguliranog oduzimanja 7 ± 2 ata, maks. 100 t/h
temperatura 230/269 °C,
reguliranog oduzimanja 0,8 — 2,5 ata, maks. 100 t/h
temperatura 140/175 °C

Broj nereguliranih oduzimanja: 4

Protok kondenzatora: normalno 75 t/h, 0,038 atp
maks. 100 t/h,
sve kod temperature rashladne vode 17 °C.

Kapacitet kondenzacije od 100 t/h odgovara snazi od 32 MW, odnosno količini svježe pare 123 t/h. Maksimalne količine oduzimanja po 100 t/h na svakom reguliranom oduzimanju ne mogu nastupiti istovremeno.

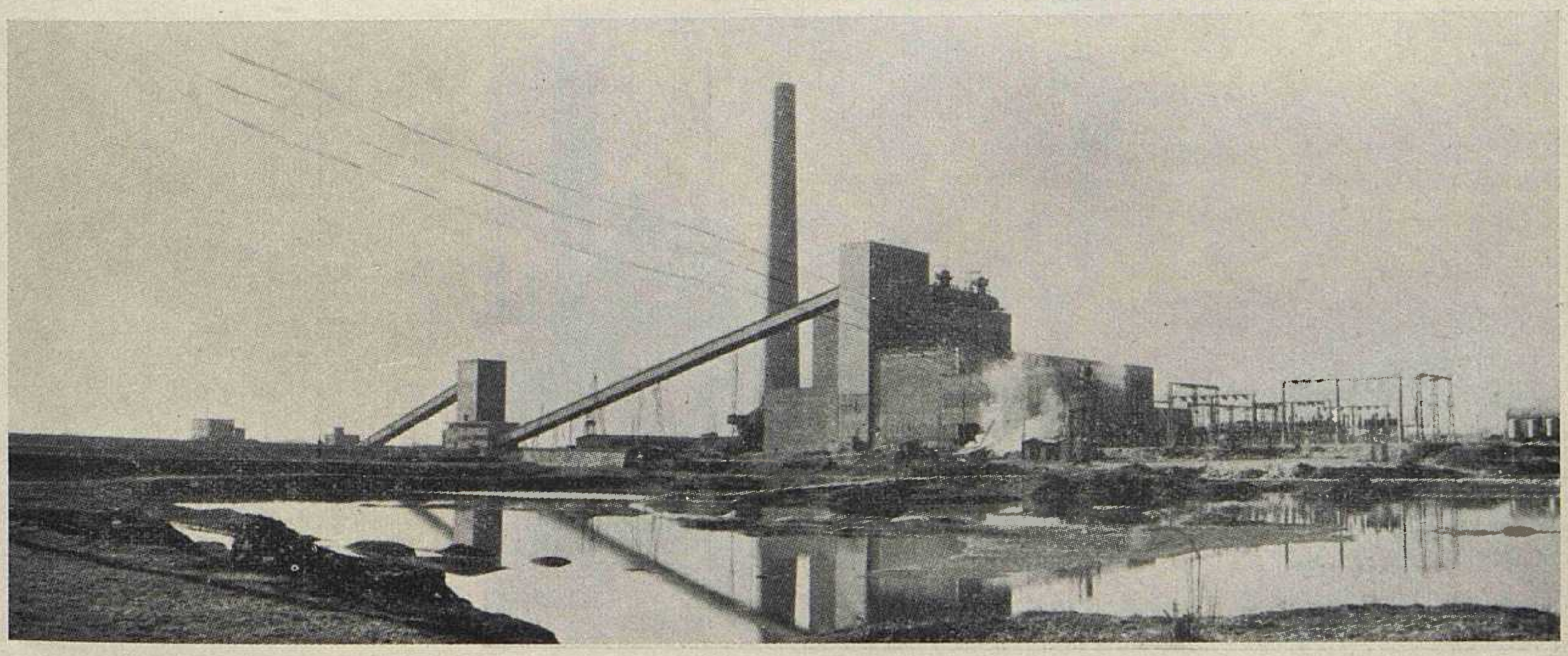
Iz pogonskih dijagrama mogu se ustanoviti proizvodne snage turbine u protutlačnom pogonu za razna oduzimanja, kao i ukupni protoci turbine kod pogona kombiniranog s kondenzacijom. Vidi se na primjer da se kod 32 MW protutlačne snage i tlakova oduzimanja 7 ata i 2,5 ata, najveće količine oduzimanja mogu kretati istovremeno u ovim rasponima:

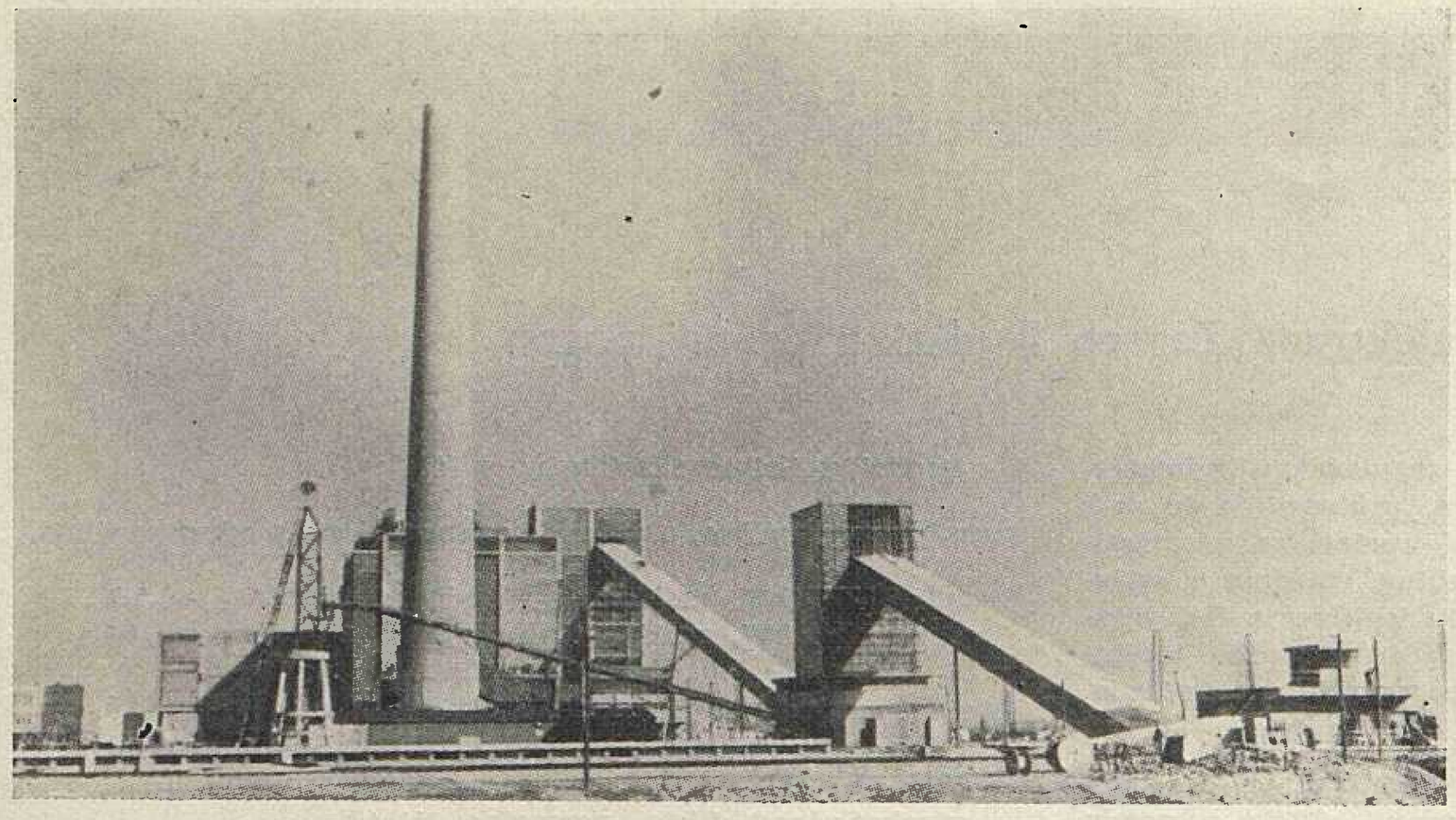
industrijska mreža 85 t/h do 64 t/h

i istovremeno

toplovodna mreža 66 t/h do 80 t/h.

TE Zagreb II i rasklopnica





TE Zagreb II – transporteri ugljena

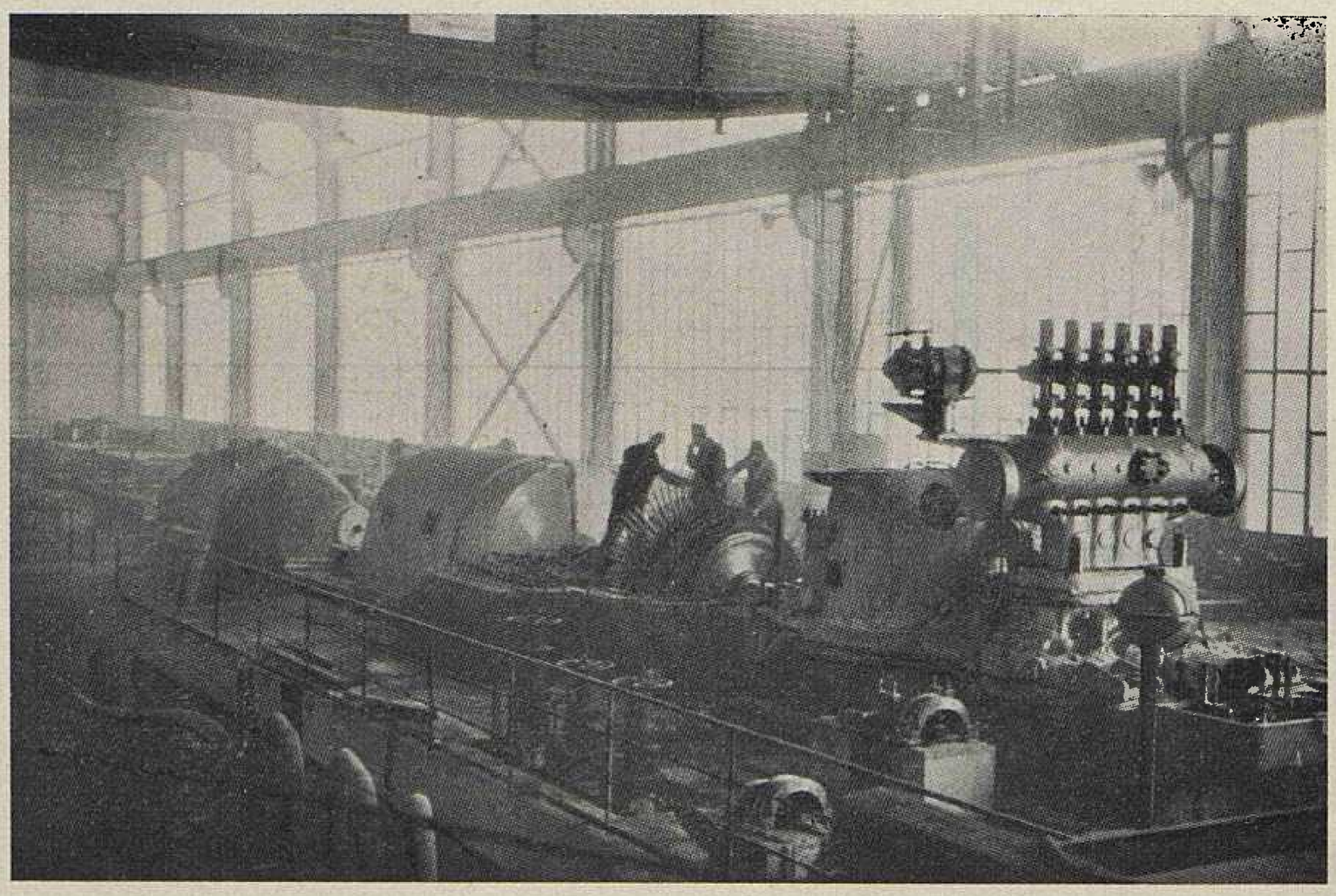
Do januarskih prosjeka opterećenja toplinskih mreža, može zadovoljiti već sama jedna turbina. Teret će se dijeliti na 2 turbine kod maksimalnih zimskih opterećenja toplinskih mreža i u slučajevima kad se podjelom dobije bolji stepen djelovanja turbina. Isto tako u slučajevima potrebe rotirajuće rezerve do 64 MW.

Kod kapaciteta toplinskih mreža I etape, dovoljna su 2 kotla za električnu snagu 64 MW s time da nema rezerve u kotlovskom kapacitetu u slučaju kvara jednog kotla za zimski kondenzacioni pogon ili za vršKove toplinskog opterećenja. Međutim turbine dozvoljavaju, s obzirom na svoje maksimalno moguće protoke, i povećanje toplinskog konzuma. Tada će se morati nabaviti treći kotao, čime će se samo povećati mogućnost proizvodnje protutlačne energije na račun kondenzacione, a ukupna raspoloživa električna snaga ostat će ista, tj. 64 MW. Razvoj će pokazati kada će to biti potrebno, a postoji vjerojatnost pored toga da će se u centru konzuma pojaviti niskotlačne kotlovnice (iz raznih razloga) koje će imati dovoljne rezerve da pokriju kratkotrajne vršKove opterećenja mreža Toplane.

Izvjesne poteškoće bit će u noćnom pogonu u mjesecima kada ima dovoljno hidroenergije. Radi tehničkog minimuma kotla bit će minimalno potrebno proizvoditi oko 70 t/h svježe pare – što daje oko 13 MW, koje će elektroenergetski sistem teško preuzimati. Toplana bi se mogla noću u ovakvom razdoblju obustavljati ako bi neka lokalna niskotlačna kotlovnica preuzela noćni parni konzum. Ima izgleda da će to biti kotlovnica jedne kemijske industrije.

Regulacija na oduzimanjima za snabdijevanje toplinskih mreža izvedena je automatski. Regulator pritiska oduzimanja 0,8 – 2,5 ata za toplovodno grijanje djeluje na leptiraste zaklopce, koji su ugrađeni u svaki od dva kanala, koji spajaju visokotlačno i niskotlačno kućište turbine. U koliko je željeni pritisak veći od onog koji bi se uspostavio normalnom ekspanzijom, prigušni zaklopac se pritvara tako da se pari povećaju otpori, pa se ispred zaklopca uspostavlja veći pritisak.

Pritisak na oduzimanju za parnu mrežu 7 ± 2 ata održava automatski regulator koji podešava količine protjecanja pare kroz srednjetlačni dio turbine tako da se na oduzimanju iz tog dijela turbine dobije određeni pritisak bez prigušivanja pare. Generatori su spojeni u bloku s uzlaznim transformatorima i rade preko njih na prsten 110 kV koji povezuje sve gradske stanice 110/30 kV. U sklopu same elektrane nalazi se i takova jedna stanica za sada s jednim transformatorom 60 MVA i sa svojim distribucionim rasklop-



TE Zagreb II – montaža turbine

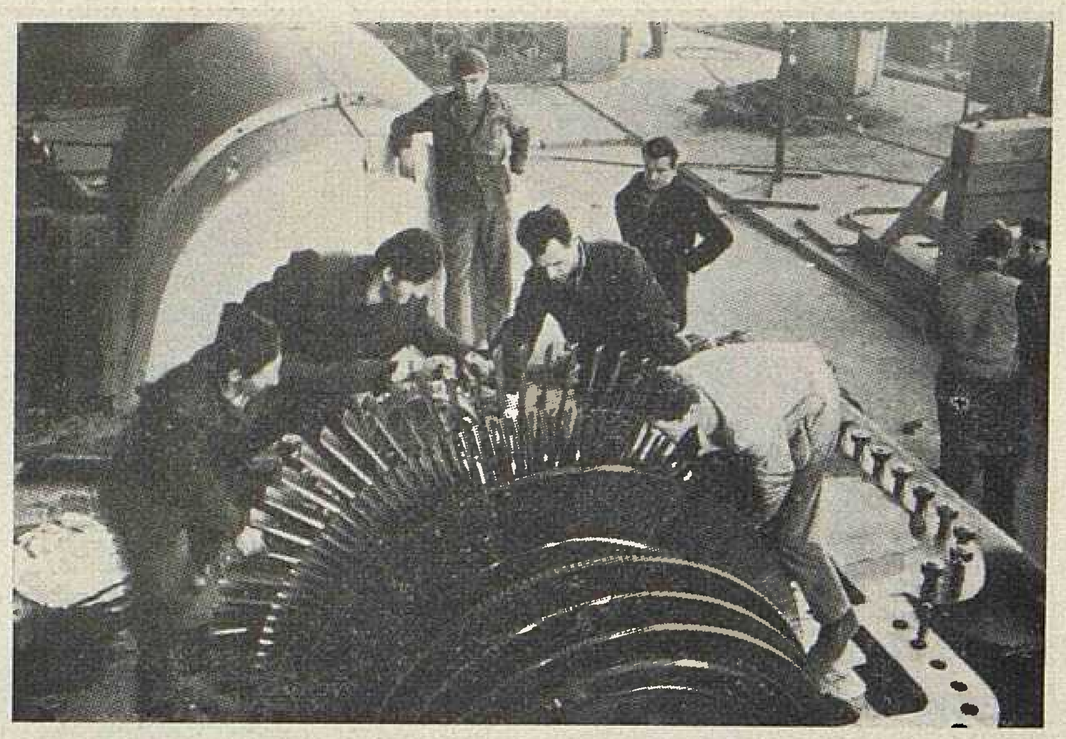
nim uređajem 30 kV. Priključak elektrane na sistem 110 kV, a ne na 30 kV, iako neposredni konzum leži na tom naponu, projektiran je radi ograničenja struje kratkog spoja u gradskoj mreži 30 kV kao i u samom postrojenju elektrane. Ovo rješenje pokazalo se najekonomičnije i pogonski najjednostavnije.

Podaci generatora:

Prividna snaga: kod cos φ = 0,8 40 MVA
kao faznog kompenzatora 32 MVA,
Napon: 10500 + 10 % − 5 %.
Hlađenje: zatvoreni ciklus zraka.

Konstrukcija ležaja, spojki i podmazivanja turboagregata dozvoljava da se svaki generator može mehanički odvojiti od svoje turbine i držati u pogonu kao sinhroni kompenzator. Ova mogućnost može se koristiti s jednim generatorom kroz oko 6 ½ mjeseci godišnje, kad nema potrebe za proizvodnju dodatne kondenzacione radne energije. Ukupna količina jalove energije koju bi mogla proizvesti Toplana bila bi oko 450 GVArh u normalnoj hidrološkoj godini.

Vlastita potrošnja električne energije vezana neposredno uz blok kotao-turbina-generator-transformator prvenstveno se



TE Zagreb II – montaža turbine, detalj

snabdijeva iz regulacionog transformatora 10,5/6,3 kV u otcjepu veze generator-blokovski transformator.

Ing. Borivoj Baranović

VIJEST FOTOKOPIRANA U ARHIVI INSTITUTA

Laboratorij za visoki napon i jaku struju Instituta za elektroprivredu u Zagrebu

U prošloj godini uselio se je u svoju novu zgradu, koja je u tu svrhu izgrađena kao aneks zgrade Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Laboratorij za visoki napon i jaku struju, te je započeo normalnim radom.

Do preseljenja Laboratorij je bio privremeno smješten u zgradi Elektroprivredne škole na Selskoj cesti. Poteškoće, koje su kočile rad Laboratorija, bile su vrlo velike, jer su prostorije bile skučene i neprikladne. To se je osobito odražavalo na visokonaponskom dijelu laboratorija, koji je bio smješten u dvorani visine 4,20 m, pa radi toga nije mogla biti potpuno iskorištena niti oprema, koja je djelomično tamo bila instalirana kao npr. udarni generator, dok mjerno iskrište nije uopće moglo biti montirano, jer zahtijeva visinu hale od 10 m.

U drugi kat zgrade Laboratorija za visoki napon i jaku struju preselio se je i Laboratorij za slabu struju, koji je do tada bio smješten u zgradi Zajednice. Ovo je privremeno rješenje, jer je za taj laboratorij predviđeno južno krilo nove zgrade, koje je još u gradnji, i u koje dolaze Toplinski laboratoriji.

Zgrada Laboratorija za visoki napon i jaku struju duga je 24 m na sjevernoj strani i 20 m na južnoj strani, široka 18,5 m te 10 m visoka.

Zgrada ima slijedeće prostorije:

Prizemlje

Hala za visokonaponska ispitivanja, koja zauzima čitavu visinu zgrade tj. 10 m, duga je 20 m i široka 10 m,
prostorija za komandu i laboratorijska mjerenja,
tamna komora za razvijanje filmova oscilografa,
skladište,
laboratorijska radionica,
sanitarna grupa (garderoba, WC i tuš).

I kat

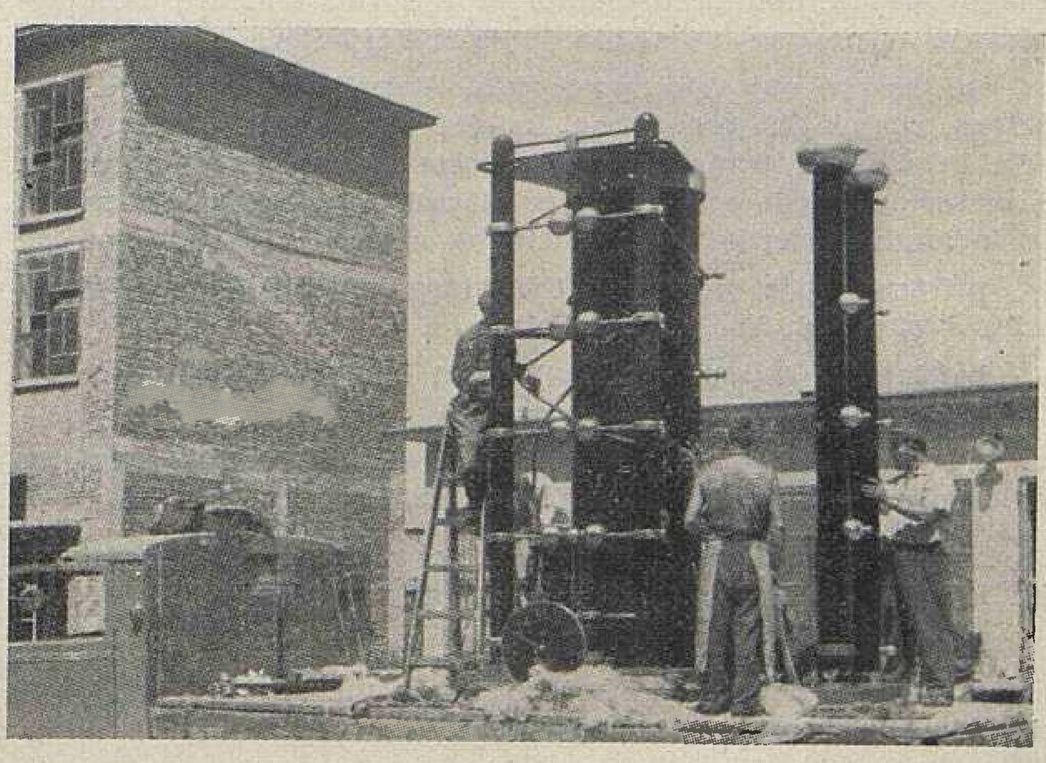
Dvije prostorije za laboratorij jake struje,
dvije prostorije za baždarnicu instrumenata,
jedna prostorija za šefa Laboratorija,
nusprostorije.

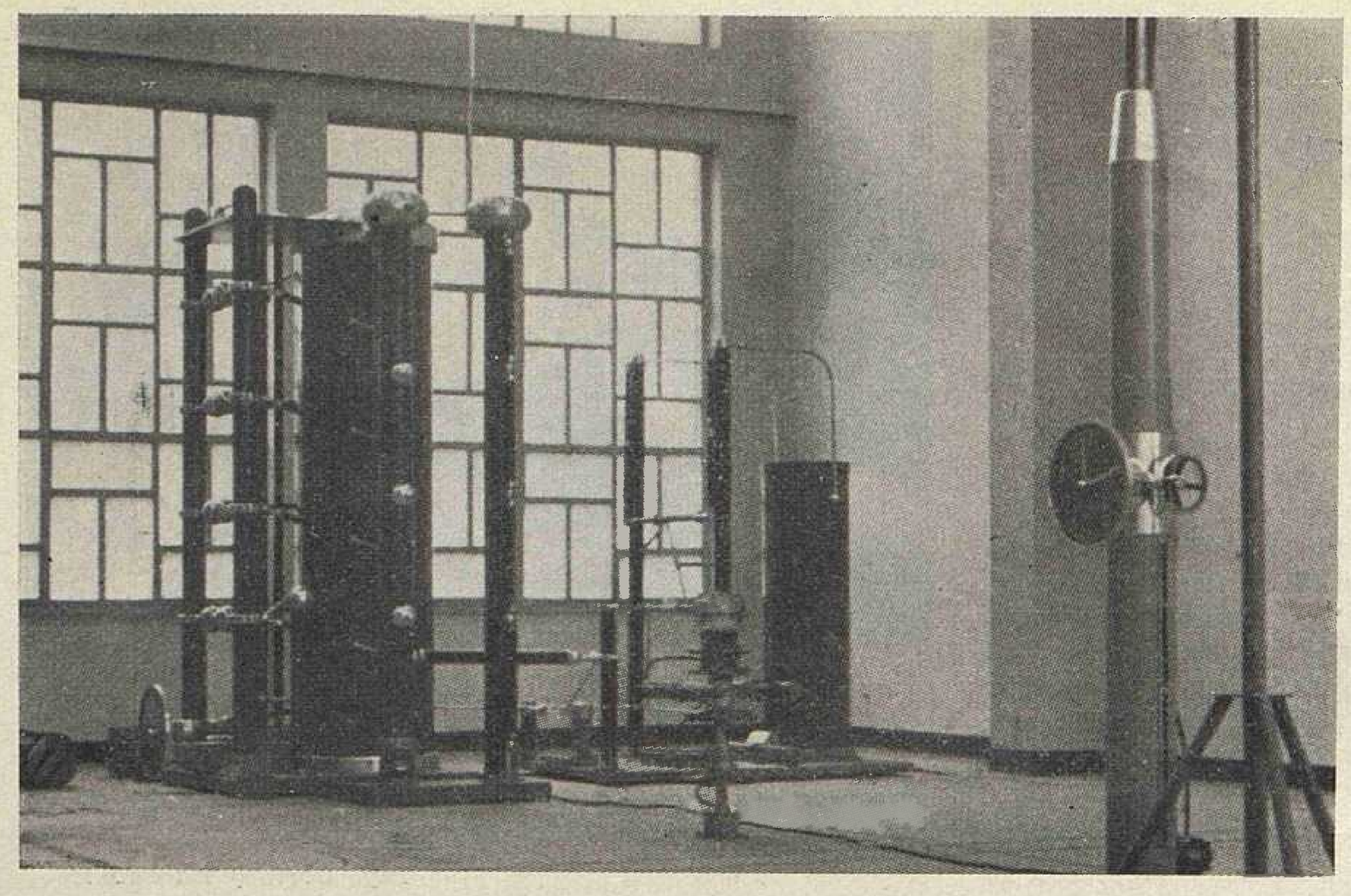
II kat

Iste prostorije kao u I katu, u kojima je sada smješten Laboratorij slabe struje.

Kako se već iz gornjeg opisa vidi, Laboratorij nema kancelarija, nego inženjeri sjede u laboratorijskim prostorijama,

Detalj kod selidbe





Dio visokonaponske hale

što je ne samo štednja prostora, nego i funkcionalno i pogodno za ozbiljan laboratorijski radi. Radi toga su u svim prostorijama izvedene potrebne instalacije.

Nakon preseljenja izvršena je montaža, pa se u Laboratoriju odvija normalan rad s punim kapacitetom postojeće opreme.

Glavna oprema sastoji se od udarnog generatora 800.000 V, izvora izmjenične struje do 300.000 V, izvora istosmjerne struje do 200.000 V, nadalje raznih instrumenata, među kojima i najpreciznijih za specijalna mjerenja, oscilografa, te ostale opreme i pribora, neophodnog za pravilan laboratorijski rad. Potrebno je, doduše, još dosta toga pribaviti, ali kad se kompletira izvor izmjenične struje, što je u danom momentu najnužnije, moći će se uglavnom vršiti sva ispitivanja, koja su za elektroprivredu i naša postrojenja potrebna.

Dobar dio opreme, osobito razne aparature za niskonaponska ispitivanja, izrađen je u vlastitoj laboratorijskoj radionici zahvaljujući zalaganju i stručnosti vlastitih kadrova.

Prema tome je Laboratorij prilično opremljen, da može zadovoljiti svojoj svrsi, pa makar i uz velike poteškoće, jer se često puta mora improvizirati, da se nadomjesti oprema i uređaji, koji mu još nedostaju. Nadamo se, da će se, kao i do sada, naći razumijevanja, da mu se pomogne pribaviti opremu, koja mu nedostaje, pa makar onu najnužniju, koja se ne može nadomjestiti improvizacijama.

Laboratorij za visoki napon i jaku struju radi uglavnom i u prvom redu za elektroprivredu, pa ćemo spomenuti neke radove, koje za nju obavlja, kao

ispitivanje visokonaponske i niskonaponske elektrotehničke opreme kod preuzimanja ili u svrhu kontrole funkcioniranja u pogonu te snimanje karakteristika,

ispitivanje ovjesnih, potpornih, štapnih i provodnih izolatora, odvodnika prenapona, kabela i kabelskih glava, mjernih i učinskih transformatora, rastavljača, visokonaponskih i niskonaponskih osigurača, primarnih i sekundarnih releja, izolacionih materijala, instalacionog materijala i pribora itd.,

pregrađivanje, popravak i baždarenje jednofaznih, trofaznih, dvotarifnih brojila za djelatnu i jalovu energiju,

baždarenje i popravak svih vrsti instrumenata,

ispitivanja na terenu uzemljenja transformatorskih stanica i elektrana, provjeravanja i udešavanja relejne zaštite, mjerenje i baždarenje mjernih transformatora s brojilima itd.,

ispitivanje rezervne snage u elektroenergetskom sistemu (u instaliranim generatorima i transformatorima),

koordinacija izolacije,

izrada elaborata i davanje stručnih mišljenja o svim problemima elektrotehničke opreme i njene ugradnje.

Budući da je Laboratorij samostalna ekonomska jedinica (formalno od 1. 1. 1962, a stvarno već od unatrag nekoliko godina), to je radi financijskog efekta, a i radi srodnosti poslova, vršio radove osim za elektroprivredu još i za elektroindustriju, ostale industrije i razne druge naručioce. Tako se u njegovim referencama može naći uz elektroprivredna poduzeća čitav niz tvornica, zatim brodogradilišta, ugljenokopi, JNA, mornarica, željeznice, razne industrije, Jugoslavenski registar brodova itd.

Jedna od djelatnosti Laboratorija su i ispitivanja za Znak kvalitete. Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara (SMEIT) podjeljuje, naime, Znak kvalitete onim proizvodima iz područja strojarstva i elektrotehnike, koji su kvalitetni i odgovaraju u pogledu sigurnosti propisima i zahtjevima, koji se na te proizvode stavljaju. Ovdje dolaze u obzir instalacioni materijali i pribor, kućanski aparati, te razni drugi aparati široke potrošnje itd.

Tako je nedavno podijeljen Znak kvalitete grijaćim pločama tvornice »Rade Končar« i priključnicama sa zaštitnim uzemljenjem tvornice »Kontakt«.

Laboratorij je dobro opremljen za takova ispitivanja, pa se u njemu obavljaju sva ispitivanja za Znak kvalitete.

Osim navedenoga Laboratorij se bavi i razvojnim radom te izradom raznih električnih aparatura i uređaja. Spomenut ćemo samo neke, koje su izrađene u radionicama Laboratorija kao: Scheringov most, uzastopni udarni generator, uređaj za registraciju struja munja, indikator polariteta, indikator redoslijeda faza itd. Među njih spada i uređaj za ispitivanje releja, koji je već spominjan i opisan u »Energiji«.

Spomenut ćemo još jedan uređaj, koji je za elektroprivredu vrlo potreban, a koji se upravo sada izrađuje u radionici Laboratorija. Iako »Tehnički propisi za pogon, održavanje i reviziju elektroenergetskih postrojenja« nalažu, da se odvodnici prenapona kontroliraju poslije velikih atmosferskih pražnjenja, a najmanje jedanput godišnje, to se ipak nije uvijek udovoljavalo tima propisima. Uzrok je tome, da se odvodnici radi kontrole moraju demontirati iz postrojenja i slati u Laboratorij na ispitivanje. Pri tome prijeti opasnost, da se prilikom transporta odvodnici oštete, a osim toga za vrijeme, dok se odvodnici opet ne postave na svoje mjesto, ostaje postrojenje bez zaštite. Radi toga su se neka poduzeća, osobito ona udaljenija, teže odlučila, da redovito šalju odvodnike na ispitivanje. Da se taj problem riješi, Laboratorij je po narudžbi »Elektroprenosa« Split započeo izradom jednog prijevoznog uređaja, kojim će se na licu mjesta u pojedinim postrojenjima ispitivati odvodnici.

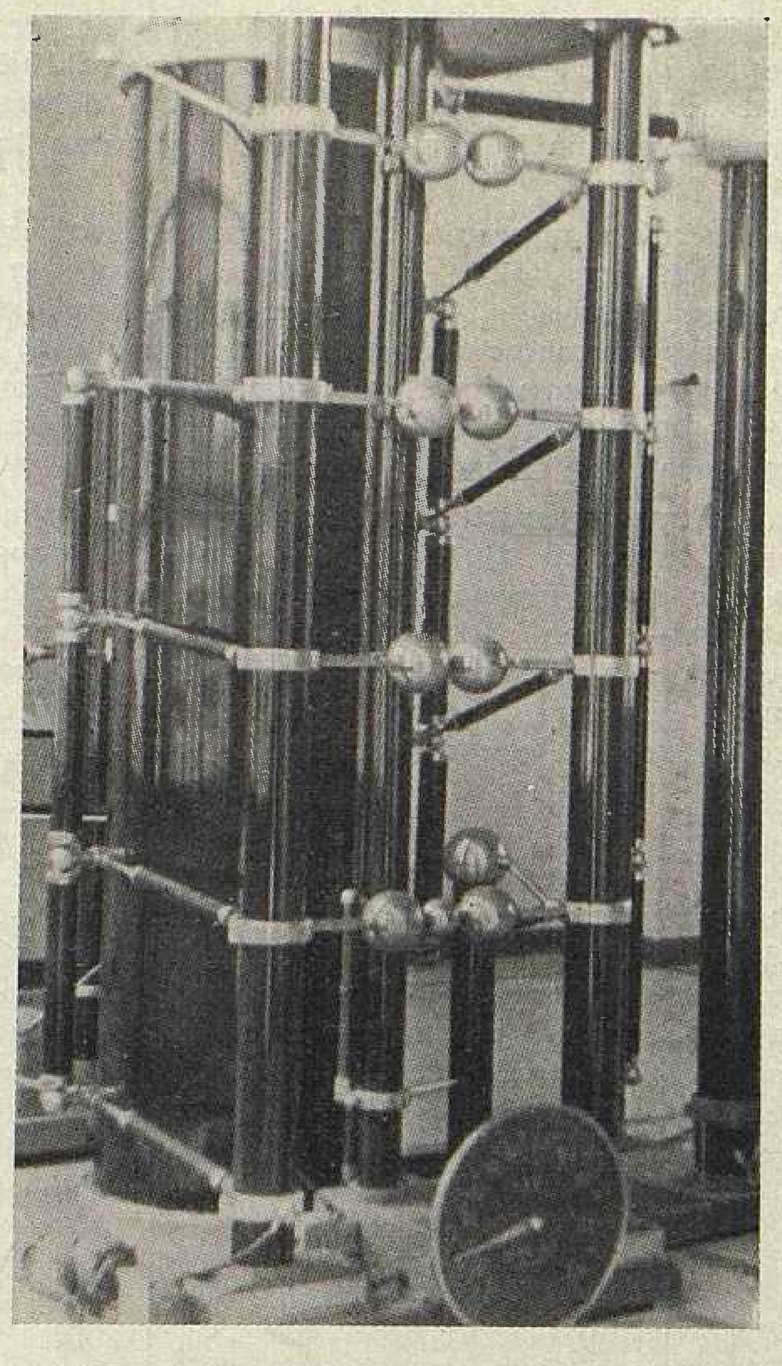
Uređaj je montiran na automobilskoj prikolici, pa se prema potrebi može lako prevoziti. Napon ispitivanja je do 160 kV_{ef}. Na viši se napon nije moglo ići, jer bi uređaj bio prevelik i nespretan za transport, pa ne bi odgovarao svojoj

svrsi. Ali i taj je napon dovoljan, da se može izvršiti dosta ispitivanja. Osobito što se tiče odvodnika prenapona, jer su oni u većini slučajeva sastavljeni iz pojedinih elemenata, pa će se tako moći ispitivati svi naponi, koji postoje. Uređaj se sastoji od visokonaponskih ispitnih transformatora, regulacionog transformatora za napajanje, upravljačkog pulta i sve ostale opreme potrebne za pravilno funkcioniranje i mjerenje, pa je to zapravo prijevozni laboratorij, kojim će se moći vršiti i druga ispitivanja bilo na licu mjesta u samom postrojenju, bilo u nekoj prostoriji, koja će se za tu svrhu naći, gdje će se laboratorij smjestiti, kad se završe godišnja kontrolna ispitivanja.

Ovim smo u glavnim crtama opisali Laboratorij za visoki napon i jaku struju i njegove djelatnosti, pa bi sad na kraju spomenuli, iako bi to zapravo trebalo, ako bi se išlo prema zasluzi, na početku, poduzeća i njihove rukovodioce, koji su nam omogućili, da izgradimo novu laboratorijsku zgradu, gdje možemo pod normalnijim uvjetima raditi i prema mogućnostima proširivati laboratorij, da potpuno zadovolji svojoj svrsi.

Da idemo nekako kronološkim redom spomenut ćemo Zajednicu elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, koja nam je stavila na raspolaganje gradilište i financijski pomogla podizanje zgrade. »Elektroopskrba« se je prva odazvala našem pozivu položivši u fond izgradnje laboratorija milijun dinara tako, da smo mogli time početi s pripremnim radovima. »Dalekovod« nam je pomogao izradivši građevinski projekt zgrade i omogućio dobavu izvjesnog građevinskog materijala, koji je u ono doba bilo teško dobaviti. »Elektra« je dala svoj doprinos izvedbom kabelskog priključka. »Elektroprenos«, »Elektrane Zagreb« i »Toplana« pomogli su kod opremanja i montaže laboratorija. Sve su to značajni udjeli, koji su omogućili izgradnju i montažu laboratorija, pa spomenutima treba i ovom prilikom odati puno priznanje i zahvalnost.

Ing. Blaž Uzelac



Udarni generator

Prijenosni uređaj za mjerenje struja munja

1. Mjerenje struja munja metodom magnetskih štapića

Prilikom prolaza struje munje kroz uže dalekovoda ili kroz dozemno uže oko užeta se stvori magnetsko polje. Ako u neposrednoj blizini užeta nema većih feromagnetskih predmeta, može se smatrati, da se oko užeta prilikom prolaza struje oblikuje koncentrično magnetsko polje. Jakost tog polja H najveća je na površini vodiča, a s udaljenošću R okomito na vodič opada prema zakonu

$$H = \frac{I}{2\pi R}, \qquad (1)$$

gdje je I jakost struje u vodiču. Ovaj izraz vrijedio bi sasvim tačno samo u slučaju kad bi vodič bio neizmjerno dugačak.

Stavi li se u takvo magnetsko polje feromagnetski materijal (tzv. magnetske štapiće proizvodi institut N. Tesla, Beograd), koji je prije toga bio magnetski posve neutralan, dakle nije posjedovao nikakav remanentni magnetizam, feromagnetik će se pod djelovanjem polja H magnetizirati. Kad ga izvadimo iz polja, on će zadržati neki zaostali magnetizam; to će se očitovati time, što će imati stanovitu magnetsku indukciju B_0.

Ako je struja udarna ili se čak sastoji od nekoliko uzastopnih udara različite jakosti, feromagnetik će zadržati remanentni magnetizam, koji je u stanovitoj vezi s najjačim poljem, što ga je proizvela maksimalna struja. Prema tome je zaostali magnetizam neko mjerilo jakosti magnetskog polja na mjestu, gdje se nalazio feromagnetski materijal, a slijedom jednadžbe (1) i mjerilo najjače struje što je prošla kroz vodič.

Jakost polja H udarne struje utvrđuje se tako da se isti štapić u mjernoj aparaturi stavlja u istosmjerno magnetsko polje, čija se vrijednost može mijenjati. Pritom čitava metoda mjerenja struja munja pomoću magnetskih štapića temelji se na pretpostavci da maksimalna vrijednost udarne struje i istosmjerna struja aparature jednako magnetiziraju štapić, tj. ostavljaju jednaki iznos remanentnog magnetizma. Mnogobrojni pokusi su pokazali, da je ta pretpostavka ispravna. Ona vrijedi čak i za vrlo kratkotrajne udarne struje 0,5/5 μs.

Na terenu gdje su u mreži montirani magnetski štapići, najprije se busolom ustanovi, koji je štapić magnetiziran, tj. koji je registrirao struju munje, što je prošla kroz pripadno uže. Takav se štapić onda skine sa držača štapića i smjesti u zaštitnu željeznu cjevčicu. Štapić se izvadi iz željezne cjevčice neposredno prije mjerenja. Zatim se ubaci u provrt zračnog namota s mnogo zavoja tanke žice, tzv. »galvanometarski namot«. Na taj namot priključen je balistički galvanometar. Pri ubacivanju magnetiziranog štapića u unutrašnjost cilindričnog namota galvanometar pokaže stanoviti otklon α_0 koji je stanovita mjera remanentnog magnetizma štapića.

Iza toga počinje postupno magnetiziranje tog istog štapića. To se obavlja na taj način da se štapić provuče kroz unutrašnjost zračnog »namota za magnetiziranje«. Taj namot izrađen je tako da udešavanjem istosmjerne struje, koja napaja namot, u njegovoj unutrašnjosti možemo stvoriti homogeno istosmjerno magnetsko polje željene jakosti. Pošto je štapić provučen kroz namot, u kojem je bila udešena stanovita vrijednost struje magnetiziranja »i«, štapić se ponovno ubaci u otvor namota na koji je priključen galvanometar. Pri tom se izmjeri otklon galvanometra α.

Zatim se štapić ponovno ubaci u namot za magnetiziranje, a kroz namot pusti nešto veća struja negoli prije. Iza toga štapić se opet ubaci u galvanometarski namot i pri

tom dobije novi otklon galvanometra. Ta se igra ponavlja tako dugo, dok po mjernim rezultatima ne zaključimo da je došlo do magnetskog zasićenja. Složimo li dobivene parove vrijednosti veličina I—α u dijagram, dobivamo krivulju na slici 1a.

Nakon ovih mjerenja štapić razmagnetiziramo. To se može učiniti npr. tako, da se štapić provuče kroz »namot za razmagnetiziranje«, koji je priključen na izvor izmjenične struje normalne industrijske frekvencije 50 Hz. Da je štapić doista razmagnetiziran, utvrđujemo ponovnim ubacivanjem štapića u galvanometarski namot. Galvanometar u tom slučaju ne pokazuje nikakav otklon.

Ovako razmagnetiziranom štapiću zatim izmjerimo »djevičansku krivulju« tj. krivulju ovisnosti otklona galvanometra α o struji magnetiziranja »*i*«. Na taj način dobivamo krivulju 0 — 4 na slici 1b. Nakon toga se štapić ponovno potpuno razmagnetizira, kontrolira pomoću galvanometra i spremi u željeznu cjevčicu, te kasnije opet ugradi negdje u mreži. Preostali posao je računske naravi.

•

Tuđe iskustvo je pokazalo da centralizirano dešifriranje štapića u laboratoriju nije uvijek najsretnije rješenje, jer na taj način mjerna ekipa nema onu pokretljivost koja bi odgovarala njezinoj autonomnosti u pogledu rada. Stoga je u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu zamišljen i izrađen t e r e n s k i u r e đ a j za dešifriranje magnetskih štapića na samom terenu. Taj uređaj putuje zajedno sa mjernom ekipom, a s njime se može raditi svugdje ondje, gdje postoji izvor izmjeničnog napona 220 ili 110 V. Ekonomska prednost prijenosnog mjernog uređaja je smanjenje rezerve štapića i bolje iskorištenje radnog vremena mjerne ekipe.

2. *Dešifriranje magnetskih štapića*

Već smo istakli, da je osnov ove metode mjerenja jakosti struje munje eksperimentalno provjerena činjenica da u štapiću ostaje jednaki remanentni magnetizam bez obzira da li ga magnetizira udarno polje ili umjetno proizvedeno polje istosmjerne struje. Jedino predznaci i vrijednosti tih polja moraju biti jednaki. Prema tome moramo imati uređaj s kojim možemo proizvesti magnetsko polje iste jakosti H kakvo je proizvela udarna struja amplitude I.

Taj uređaj je zračni »namot za magnetiziranje« efektivne duljine L, srednjeg promjera d, na koji je namotano N zavoja žice. Ako je d dosta veći od promjera magnetskog štapića, a L dosta veća od duljine štapića, onda se računanjem može ustanoviti, da u prostoru neposredno uz os namota djeluje gotovo homogeno istosmjerno magnetsko polje jakosti

$$H_1 = \frac{N \cdot i}{L\sqrt{1 + (d/L)^2}}, \qquad (2)$$

gdje je »*i*« jakost istosmjerne struje, koja protječe kroz namot za magnetiziranje.

Načelno se magnetski štapić magnetizira tako, da se pomoću regulacionog transformatora i otpornika namjesti željena vrijednost struje »*i*« kroz namot za magnetiziranje. Vrijednosti te struje očitavamo ampermetrom. Između struje munje I, tj. amplitude udarne struje u užetu, i struje »*i*« kroz namot za magnetiziranje može se uspostaviti slijedeća veza. Maksimalna udarna struja I stvara u udaljenosti R od centra okruglog užeta magnetsko polje jakosti $H = I : (2\pi R)$. No to vrijedi samo kada je štapić zanemarivih dimenzija, jer samo u tom slučaju on ne izobličuje polje. Stvarno jakost polja u okolini užeta ovisi, između ostaloga, o dimenzijama i udaljenosti štapića od užeta, o obliku i dimenzijama užeta i o nekim drugim faktorima, pa to uzimamo u obzir nekim količnikom k, koji je funkcija dimenzije štapića, njegove udaljenosti od osi užeta itd. Prema tome izraz (1) prelazi u oblik

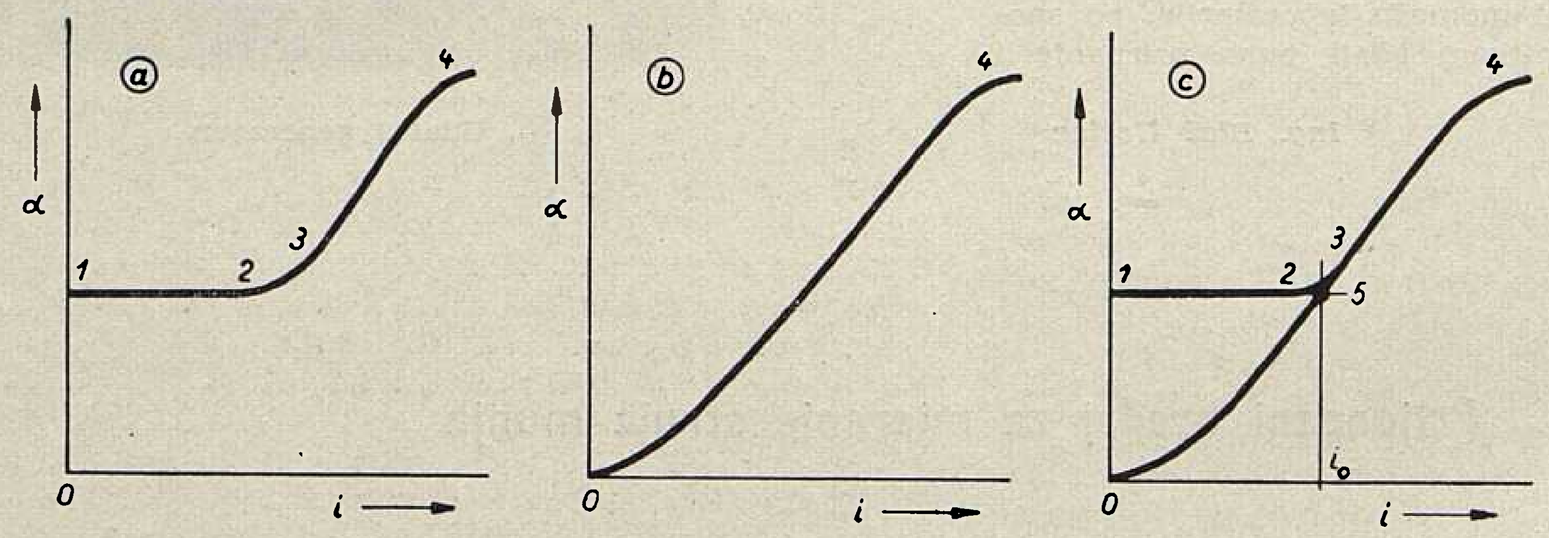
$$H = \frac{k \cdot I}{2\pi R}. \qquad (3)$$

Budući da istosmjernu struju »*i*« namota za magnetiziranje možemo kontinuirano regulirati, kadri smo udesiti i takvu struju da je $H = H_i$ što znači da možemo međusobno izjednačiti jednadžbe (3) i (2):

$$\frac{k\,I}{2\pi R} = \frac{N \cdot i_0}{L\sqrt{1 + (d/L)^2}}$$

gdje $i = i_0$ označuje tzv. »ekvivalentnu struju« kod koje je $H = H_i$. Odavde dobivamo ovisnost stvarne udarne atmosferske struje I o vrijednosti struje magnetiziranja u namotu za magnetiziranje i_0, te o ostalim parametrima

$$I = \frac{2\pi}{k\,L\sqrt{1 + (d/L)^2}}\, i_0\, N\,R = i_0\, N\,R\,k_0/k, \qquad (4)$$



Slika 1a . . . c

pri čemu je konstanta k_0

$$k_0 = \frac{2\pi}{L\sqrt{1 + (d/L)^2}}. \qquad (5)$$

Ukoliko je kod nekog niza mjerenja R = const. onda je također k = const. Ako je osim toga prilikom dešifriranja broj zavoja N namota za magnetiziranje stalan tokom čitava dešifriranja, izraz (4) prelazi u najkraći oblik

$$I = T \cdot i_0, \text{ gdje je } T = NR\,k_0/k. \qquad (6)$$

Izračunajmo konstantu k_0 namota za magnetiziranje izrađenog u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu po narudžbi Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Mjerenjem pojedinih karakterističnih duljina namota dobili smo ove vrijednosti:

$$L = 24{,}8 \text{ cm}; \quad d = 5 \text{ cm}.$$

S ovim podacima iz (5) računanjem slijedi $k_0 = 0{,}2482/\text{cm}$.

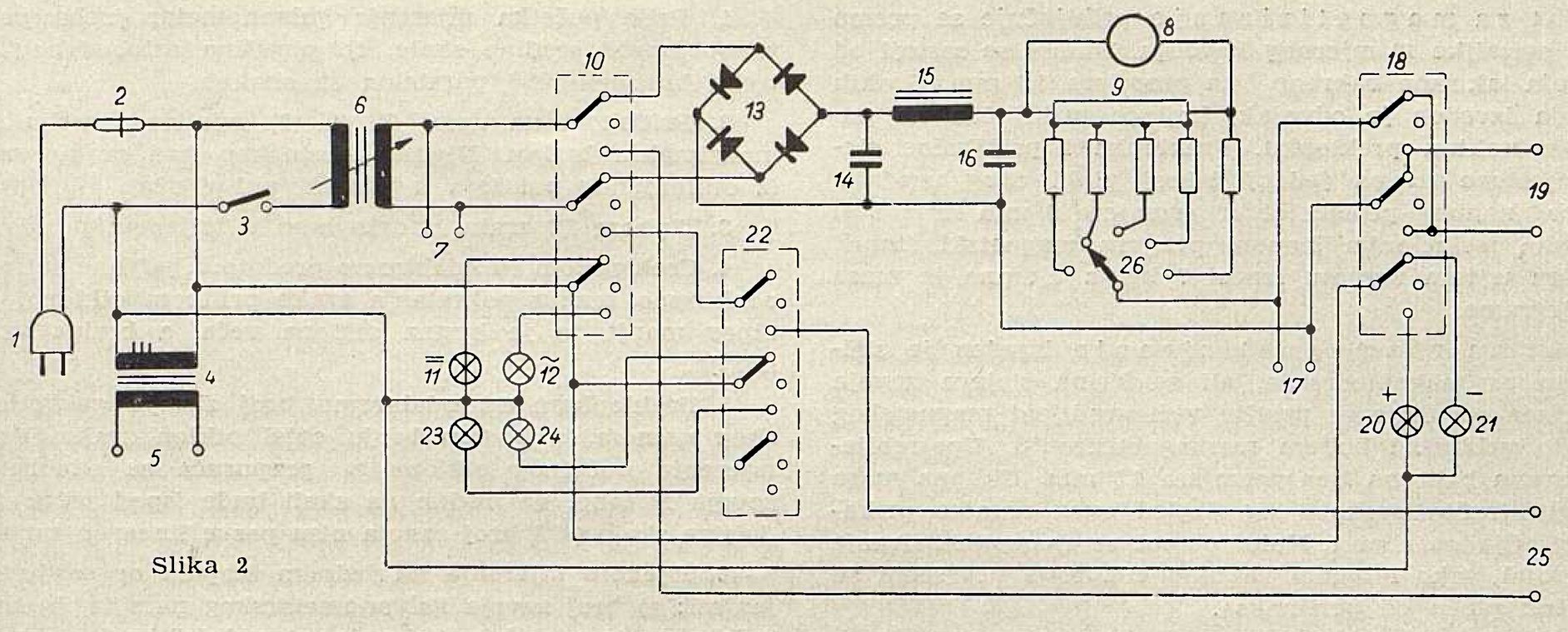
U mjernom pogledu dešifriranje štapića svodi se na p r o n a l a ž e n j e t a č k e 5, tj. na pronalaženje sjecišta produženog ravnog dijela krivulje zaostalog magnetizma štapića magnetiziranog munjom i djevičanske krivulje magnetiziranja tog istog štapića (sl. 1c).

Pretpostavimo li da je štapić montiran na udaljenosti $R = 7$ cm od užeta kroz koji je prošla struja munje i da je $k = 0{,}99$, za naš svitak sa $k_0 = 0{,}2482/\text{cm}$ dobivamo uz broj zavoja namota za magnetiziranje $N = 20\,000$:

$T = NR\,k_0/k = 20\,000 \cdot 7 \text{ cm} \cdot (0{,}2482/\text{cm})/0{,}99 = 35\,100$.

Jednadžbom $I = T\,i_0$ uz rezultat dešifriranja $i_0 = 101$ mA $= 0{,}101$ A izračunavamo udarnu struju munje (i_0 odgovara tački 5 na slici 1c):

$$I = T\,i_0 = 35\,100 \cdot 0{,}101 \text{ A} = 3540 \text{ A}.$$



Slika 2

Iz ovih se razlaganja vidi da na tačnost mjerenja izravno utječe tačnost poznavanja montažne udaljenosti *R* štapića. Stoga je vrlo važno da se držači izrade što preciznije, a montaža držača na užeta izvodi s najvećom pomnjom.

3. *Opis prijenosnog uređaja za mjerenje struja munja*

Uređaj izrađen u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu sastoji se od ovih dijelova: mjerni kovčeg, balistički galvanometar, galvanometarski namot (manji drveni kovčeg), namot za magnetiziranje, namot za razmagnetiziranje, izvor svjetla za galvanometar, skala galvanometra, busola, izolacioni štap i spojni gajtani. U daljnjem izlaganju shematski ćemo opisati glavne od nabrojenih dijelova. Uređaj je izradio majstor Juretić.

M j e r n i k o v č e g. U mjernom kovčegu, koji je izveden u obliku pravoga kovčega od kože zaštićenog platnenom prevlakom (sl. 4), nalazi se glavnina komandnih uređaja te svi signalni uređaji. Shemu mjernog kovčega prikazuje slika 2, a njegov izgled vidimo na slici 4. Brojka *1* na slici 2 označuje utikač pomoću kojega se kovčeg priključuje na izmjenični napon 220 V. Preko osigurača *2* i pregibne sklopke *3* napaja se regulacioni transformator *6*, koji na sekundarnoj strani ima priključne stezaljke 7 s kojih se može odvoditi regulirani izmjenični napon i upotrebiti u koju drugu svrhu, a ne za mjerenje štapića. Na ulaz transformatora *6* priključen je transformator *4* za transformaciju 220 V/6 V, koji služi za napajanje svjetiljke galvanometra (stezaljke *5*).

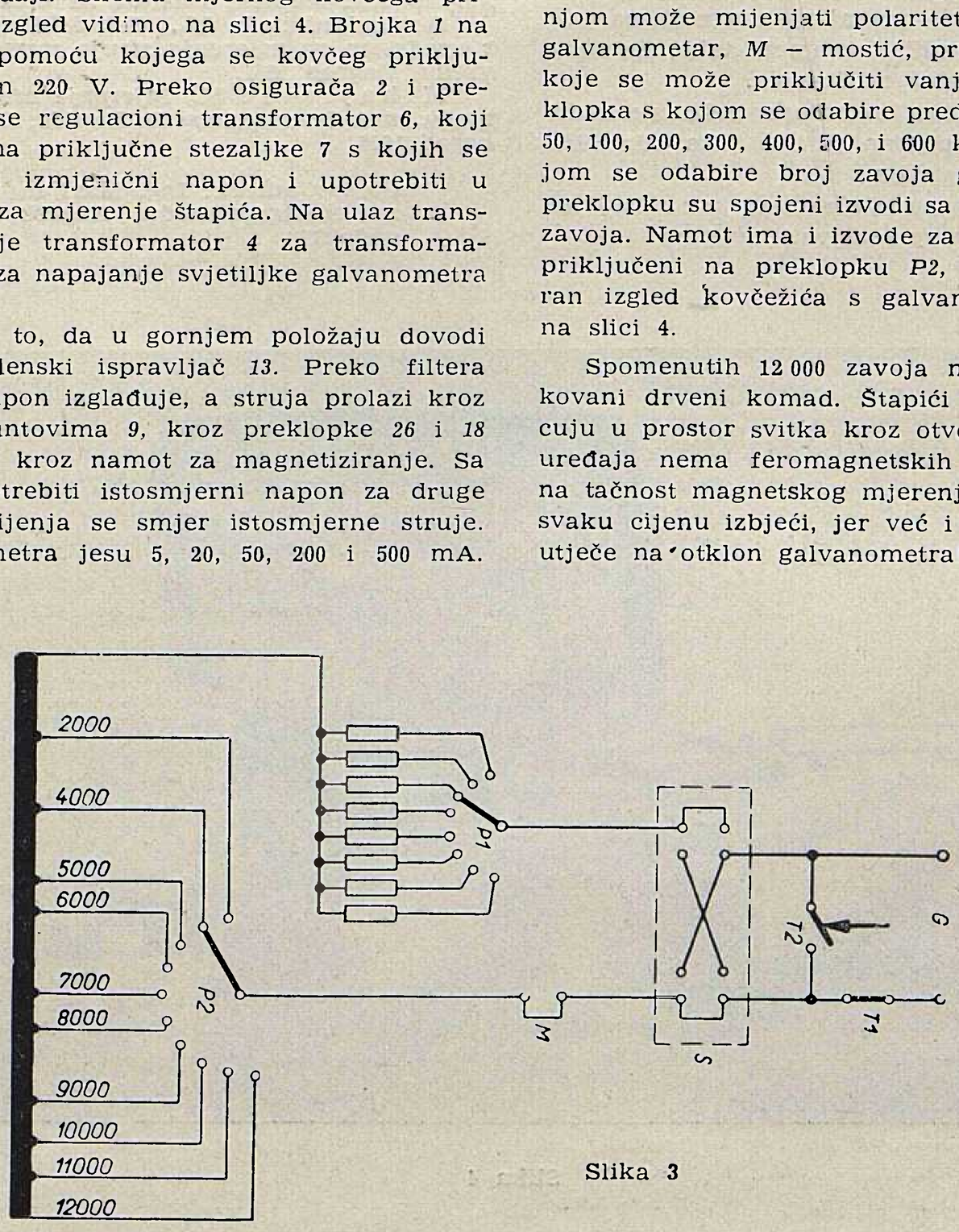
Preklopka *10* služi za to, da u gornjem položaju dovodi izmjenični napon na selenski ispravljač *13*. Preko filtera *14—15—16* istosmjerni se napon izglađuje, a struja prolazi kroz miliampermetar *8* sa shuntovima *9*, kroz preklopke *26* i *18* te sa stezaljki *19* zatvara kroz namot za magnetiziranje. Sa stezaljki *17* može se upotrebiti istosmjerni napon za druge svrhe. Preklopkom *18* mijenja se smjer istosmjerne struje. Mjerna područja ampermetra jesu 5, 20, 50, 200 i 500 mA.

Kad je preklopka *10* u donjem položaju, regulacioni transformator *6* ne šalje napon na ispravljač, već daje izmjenični napon na stezaljke *25*, kuda se priključuje namot za razmagnetiziranje. Rad olakšava s i g n a l i z a c i j a. Svjetlo žarulje *11* upozorava da radi ispravljač, a *12* da je ispravljač mimoiđen, dakle da se radi s izmjeničnom strujom. Tinjalice *20* i *21* signaliziraju smjer istosmjerne struje, tinjalica *23* da se radi s namotom za razmagnetiziranje.

G a l v a n o m e t a r s k i n a m o t. Ovim imenom nazvali smo čitav uređaj, koji služi za induciranje napona kad se u unutrašnjost svitka ubaci magnetski štapić koji je magnetizirala struja munje.

Shemu namota u širem smislu prikazuje slika 3 u kojoj pojedine oznake predočuju: *G* — stezaljke na koje se priključi galvanometar, *T1* — tipka koja prekida strujni krug tako dugo dok je držimo pritisnutom, *T2* — tipka koja drži strujni krug tako dugo zatvorenim dok je pritišćemo, *S* — četirikontaktna pregibna sklopka, koja je spojena tako, da se njom može mijenjati polaritet priključaka *G* u odnosu na galvanometar, *M* — mostić, priključen na dvije stezaljke na koje se može priključiti vanjski potenciometar, *P1* — preklopka s kojom se odabire predotpor galvanometra u iznosima 50, 100, 200, 300, 400, 500, i 600 kilooma, *P2* — preklopka s kojom se odabire broj zavoja galvanometarskog namota. Na preklopku su spojeni izvodi sa 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 i 12 tisuća zavoja. Namot ima i izvode za 1000 i 3000 zavoja, ali oni nisu priključeni na preklopku *P2*, već služe kao rezerva. Stvaran izgled kovčežića s galvanometarskim namotom vidimo na slici 4.

Spomenutih 12 000 zavoja namotano je na posebno oblikovani drveni komad. Štapići se prilikom dešifriranja ubacuju u prostor svitka kroz otvor na desnoj strani. Kod ovog uređaja nema feromagnetskih dijelova, jer oni bi utjecali na tačnost magnetskog mjerenja, a taj se utjecaj morao pod svaku cijenu izbjeći, jer već i samo magnetsko polje zemlje utječe na otklon galvanometra!



Slika 3

Namot za magnetiziranje priključuje se prema slici 2 na stezaljke *19* mjernog kovčega. Namot se sastoji od 20 000 zavoja lakirane bakrene žice promjera 0,5 mm. Svakih 2 000 zavoja izveden je odvojak, koji je priključen na posebnu 10-kontaktnu preklopku. Preklopka i priključne stezaljke smještene su na jednoj čelnoj plohi ovog uređaja. Duž čitavog namota prolazi otvor promjera 9 mm kroz koji se posebnim izolacionim štapom progura magnetski štapić. Masa bakra u tom namotu iznosi 7 kg, a ukupna je masa oko 9 kilograma.

Namot za razmagnetiziranje izrađen je slično namotu za magnetiziranje, ali se širina slojeva zavoja sužuje prema osi čime se postiže veći gradijent magnetskog polja, a to pridonosi boljem razmagnetiziranju. Upotrebljena je lakirana bakrena žica promjera 0,5 mm. Ukupna masa bakra iznosi nešto preko 5 kg. Izgled ovog namota prikazuje fotografija na slici 4. Kako namot za razmagnetiziranje (10 000 zavoja), tako i namot za magnetiziranje učvršćeni su na podložnu ploču od pertinaksa.

Balistički galvanometar proizvod je tvrtke Siemens & Halske. Taj zrcalni galvanometar upotrebljava se u uspravnom položaju (vidi sliku 4). Otpor među stezaljkama iznosi mu oko 2 800 ohma, vanjski granični otpor između 600 000 i 340 000 ohma, a strujna konstanta između 0,08 i 0,1 nanoampera po milimetru skale kod udaljenosti skale jedan metar. Vrijednosti vanjskog otpora i strujne konstante ovise o udešenju magnetskog shunta.

4. *Nekoliko uputa za rad s uređajem*

Obzirom na ovdje primijenjenu metodu mjerenja struja munja pomoću magnetskih štapića treba se pridržavati ovoga:

1. Štapiće treba stalno magnetizirati u istom smislu.
2. Korak porasta struje namota za magnetiziranje treba biti stalan, npr. 10 mA. Ne radi li se tako, može doći do izobličenja krivulje remanentnog magnetizma.
3. Struja namota za magnetiziranje ne smije se prekidati ili mijenjati dok se štapić nalazi u unutrašnjosti namota. U suprotnom slučaju može doći do promjene magnetizma.
4. Štapiće treba stavljati i vaditi iz namota tako, da rasipane silnice što više prolaze uzduž osi štapića.
5. Kovčeg s galvanometarskim namotom treba postaviti na mjerni stol tako, da se potpuno ili što više eliminira utjecaj zemaljskog magnetskog polja.

Obzirom na ovdje opisani prijenosni uređaj za mjerenje struja munja valja se pridržavati ovoga:

1. Prije početka mjerenja galvanometar treba postaviti ravno ispred sredine skale, tj. površina oslobođenog zrcala treba biti približno paralelna sa skalom.
2. Pritiskom na tipku *T1* (sl. 3) svjetlosna mrlja dobiva maksimalnu brzinu. Njome se služimo kad zraku vraćamo iz otklonjenog položaja u početni nul-položaj.
3. Tipkom *T2* zraku zadržavamo u željenom položaju.
4. Preklopkom *P1* odabiremo predotpor galvanometra, čime odabiremo brzinu pokretanja zrake prilikom otklona. Što je otpor manji, to je brzina otklona veća, a brzina vraćanja manja.
5. Preklopkom *P2* odabiremo broj zavoja galvanometarskog namota, a o tom broju ovisi otklon zrake. Prilikom mjerenja početnog otklona α_0 preporuča se odabrati broj zavoja N tako, da otklon na skali bude ispod jedne trećine duljine skale (α i broj zavoja nisu posve linearno razmjerni).
6. Tijekom mjerenja na jednom štapiću ne smiju se mijenjati: a) broj zavoja galvanometarskog namota, b) broj zavoja namota za magnetiziranje, c) položaj preklopke *P1*, d) magnetski shunt, e) pomicač zrake, f) razmak između skale i galvanometra.
7. Zbog tačke 6f) povoljno je zabilježiti (označiti npr. na stolu) udaljenost između skale i galvanometra. Ova udaljenost neka iznosi između 1 i 1,5 metra, gdje se još dobro može pratiti put zrake u poluzamračenoj prostoriji.
8. Praktički je najprikladnije da se galvanometar i skala postave na pisaći (ili slični) stol, a svi ostali uređaji na drugi stol koji ne dodiruje prvi. Spojni gajtan između galvanometra i kovčežića s galvanometarskim namotom neka bude olabavljen, tako da se vibracije ne prenose gajtanom na stol gdje se nalazi galvanometar.
9. Iz okoline kovčežića s galvanometarskim namotom treba odstraniti sve feromagnetske predmete (npr. ključeve, alat itd.).

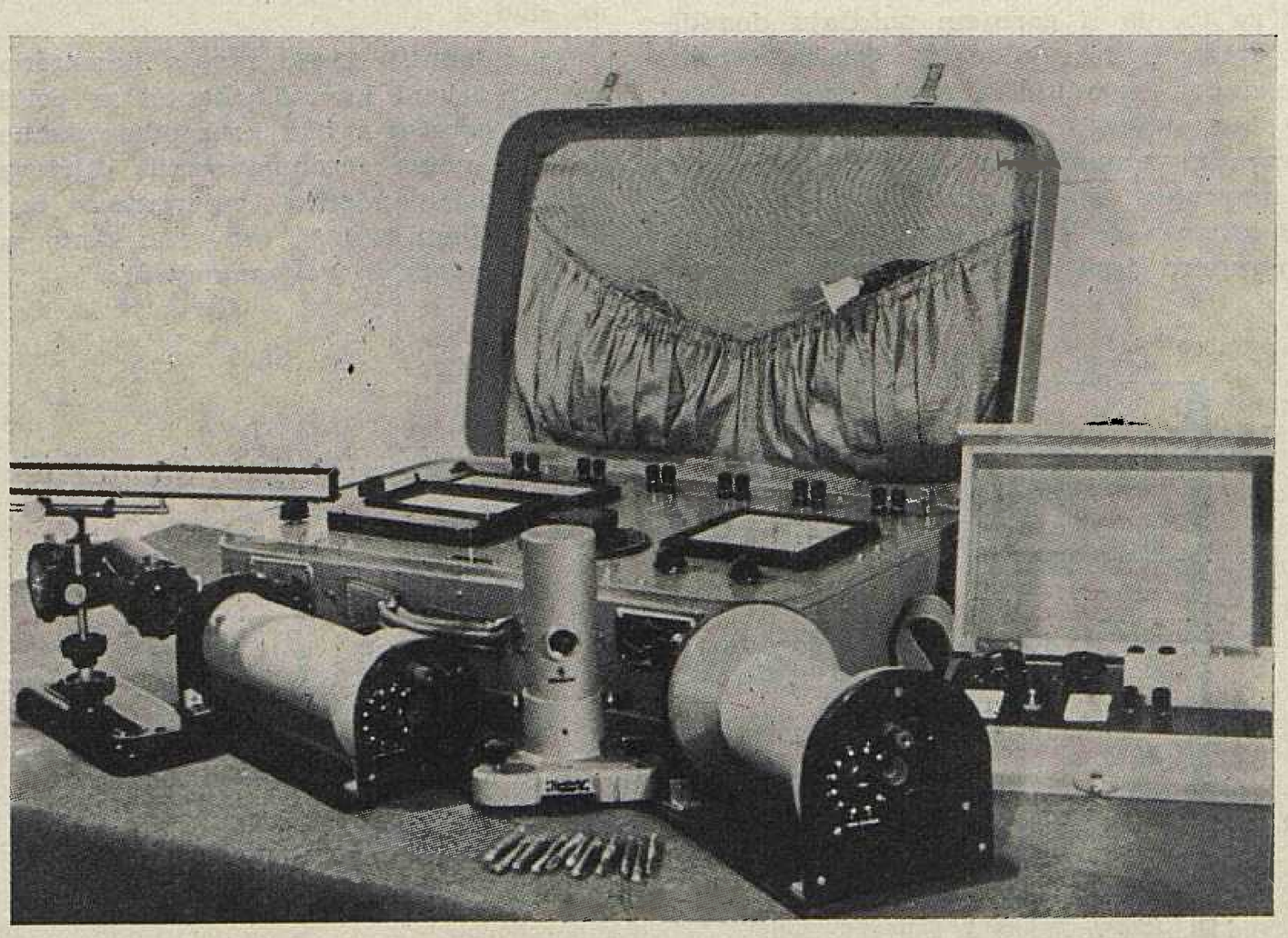
Literatura

Brezinšćak M., *Registracija struja munja pomoću magnetskih štapića,* Institut za elektroprivredu, Zagreb 1957.

Brezinšćak M., *Tehnički opis i uputa za rukovanje s uređajem za mjerenje struja munja,* Institut za elektroprivredu, Zagreb 1961.

Mihajlović M., *Mjerenje atmosferskih pražnjenja pomoću metode magnetskih štapića,* Institut Nikola Tesla, Beograd 1956.

Naslov autora: Ing. Marijan Brezinšćak, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37



Slika 4

»Dalekovod« radi u republici Togo i Pakistanu

Zagrebačko poduzeće »Dalekovod« u suradnji s poduzećima »Energoprojekt« Beograd, »Energoinvest« Sarajevo i »Geoistraživanja« Zagreb, potpisalo je ugovor o izgradnji energetskih objekata u republici T o g o i u P a k i s t a n u. U mjesecu travnju stručnjaci »Dalekovoda« otputovali su u Togo i Pakistan da organiziraju početne radove.

U Republici Togo ugovorena je izgradnja dalekovoda napona 66 kV, u dužini od oko 120 km od hidroelektrane Phime do glavnog grada Lome. Građevne radove i montažu opreme izvest će stručnjaci poduzeća »Dalekovod« i »Energoprojekt«. Izgradnja HE Phime povjerena je našim izvođačima a mašinogradnja i elektroindustrija isporučit će cjelokupnu opremu. Opremu za dalekovod u Togu izradit će također naša elektroindustrija.

Prema sklopljenom ugovoru rok dovršenja svih radova je 1. veljača 1963., a ukupna njihova vrijednost iznosi oko 450 milijuna deviznih dinara.

U Pakistanu ugovorena je izgradnja 160 zdenaca s električnim pogonom. Voda iscrpena iz određenih dubina odvodit će se u kanale za odvodnjavanje, da podzemne vode, naročito u ljetnom periodu za vrijeme monsunskih kiša, iz dubljih slojeva zemlje ne bi izvlačile na površinu razne mineralne soli. U tom slučaju veliki kompleksi zemljišta ostaju neobradivi. Da se tome izbjegne pakistanska vlada u pokrajini Panjab, u sjevernom dijelu Pakistana, odlučila je izgraditi sistem zdenaca čija je elektrifikacija povjerena »Dalekovodu« i »Energoinvestu«, dok će projekte i samu izgradnju voditi poduzeće »Geoistraživanja« iz Zagreba.

Prema projektima zdenci s crpkama napajat će se električnom energijom iz dalekovodne mreže napona 11 kV, a svaki zdenac imat će vlastitu transformatorsku stanicu napona 11/0,4 kV.

Kompletnu opremu za navedene objekte u Pakistanu isporučit će naša elektroindustrija i strojogradnja. Ugovorena vrijednost radova na elektrifikaciji zdenaca iznosi oko 700.000 dolara.

I. R.

Savjetovanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE

Nakon razmjerno duge stanke od godinu dana održano je 20. i 21. 2. 1962. u Portorožu savjetovanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRÉ. Savjetovanju je prisustvovao 21 predstavnik zainteresiranih organizacija elektroprivrede, elektroindustrije i projektnih organizacija. Savjetovanje je otvorio predsjednik komiteta ing. Edvard H ö f l e r. Na njegov prijedlog prihvaćen je slijedeći dnevni red:

A. PROBLEMI STATISTIKE

1. *Pregled kvalitete zaštite mreže 110 kV za 1960.* Referat Elektroinstituta, Ljubljana.

2. *Diskusija o novom sistemu vođenja statistike o radu zaštite.* Referat ing. Ž. Z l a t a r.

3. *Statistika djelovanja zaštitnih uređaja generatora i transformatora.* Referat ing. F. B o ž u t a.

4. *Prijedlog vođenja statistike o radu uređaja za ponovno ukapčanje.* Referat ing. N. N a r a n č i ć.

B. ZAŠTITA GENERATORA

5. *Prijedlog jedinstvene zaštite generatora i bloka generator–transformator.* Referat tehn. A. Š a l e r.

6. *Prekostrujna zaštita generatora kao zaštita od vanjskih i unutarnjih kvarova.* Referat ZEPH.

C. ZAŠTITA VODOVA

7. *Zaštita distributivne mreže 35 (30) kV u uslovima uzemljenja zvjezdišta preko malog otpora.* Referat ZEPH.

D. OPĆI PROBLEMI

8. *Ispitivanje zaštitnih uređaja za vrijeme pogona.* Referat ing. A. K u r n i k.

9. *Zasjedanje Studijskog komiteta CIGRÉ za zaštitu i releje 1961. g. u Oslu.* Referat dr ing. A. O g o r e l e c.

10. *Smjernice za daljnji rad, termin i mjesto za sastanak studijske grupe.*

KONSTATACIJE I ZAKLJUČCI

A. PROBLEMI STATISTIKE

1. *Pregled kvalitete rada zaštite mreže 110 kV za 1960. g.* nije mogao dati u potpunosti stvarnu sliku kvalitete distantnih releja pojedinih firmi. Zbog toga su se učesnici složili, da će ubuduće biti korisno statističke tablice popratiti kraćim komentarom, što bi im povećalo praktičnu vrijednost. Konstatirano je međutim, da se i ne radi o pregledu kvalitete zaštitnih uređaja, nego kvalitete njihovog rada, na koju osim kvalitete uređaja utječu i drugi faktori. Radi tačnijeg evidentiranja rada zaštite, preporuča se da se podaci sabiru i obrađuju ažurno, tj. odmah nakon pogonskih događaja. Istaknuta je uloga lokatora smetnji i osciloperturbografa u mreži za tačnost ocjena smetnji. Kod releja koji rade s ispravljenim vrijednostima konkretno su ustanovljene slabosti i uzroci učestalih kvarova (zasićeni transformatori, odnosno kondenzatori), koje su kod novih izvedbi otklonjene (izvedbe bez zasićenih transformatora), a kod postojećih releja u mreži znatno poboljšane zamjenom ugrađenih kondenzatora kvalitetnijima. Na kraju je zaključeno, da učesnici u sastavljanju statistike za 1960. naknadno pošalju komentare za bitna odstupanja i anomalije u radu relejnih uređaja. Statistika za 1961. izradit će se još po starom sistemu, s time što će Zajednica Srbije izraditi ovu statistiku i po novom sistemu u dovoljnom broju primjeraka, te će poslužiti i ostalim članovima Studijskog komiteta za njeno lakše upoznavanje.

2. *Diskusija o novom sistemu vođenja statistike o radu zaštite* otpala je zbog bolesti referenta, no ovo je pitanje djelomično riješeno u prethodnoj tački.

3. *Statistika djelovanja zaštitnih uređaja generatora i transformatora* sa već postojećom statistikom distantne zaštite mreže 110 i 220 kV znači da ćemo praćenje rada zaštitnih uređaja uopćiti, odnosno, protegnuti na visokonaponsku mrežu, izvore i transformatorske stanice, što će biti od velike važnosti za ocjenu postojećih zaštitnih uređaja u mreži, te za razradu kriterija kod odabiranja uređaja po opsegu i kvaliteti za nove elektroprivredne objekte. Prisutni članovi studijske grupe preuzeli su obavezu da izrade ovu statistiku po republikama i dostave je sekretarijatu Studijskog komiteta.

4. *Prijedlog vođenja statistike o radu uređaja za ponovno ukapčanje* izrađen je samo u tabelarnom dijelu, a referent se je obavezao dostaviti u najskorije vrijeme upute i objašnjenja sekretarijatu za sve članove Studijskog komiteta. Zaključeno je da se odmah po primitku tekstualnog dijela priđe izradi i ove statistike, te da se dostavi sekretarijatu.

B. ZAŠTITA GENERATORA

5. *Prijedlog jedinstvene zaštite generatora i bloka generator — transformator* predstavlja napor da se provede sistematizacija izbora zaštitnih uređaja u elektranama. U diskusiji su analizirani prijedlozi autora, te dane korisne sugestije, koje će se uvažiti kod definitivne razrade prijedloga. Ovo treba da doprinese sigurnosti postrojenja u okvirima ekonomskog rješenja, te da olakša rad projektanata, što i samo po sebi predstavlja uštedu. U okviru ove diskusije donesen je još jedan koristan zaključak, i to da se izvrši popis zaštitnih uređaja u svim većim elektranama u našoj zemlji, a na bazi upitnika koje će izraditi sekretarijat Studijskog komiteta. Ovaj popis korisno će poslužiti i u vezi sa korištenjem statističkih podataka o radu zaštitnih uređaja u našim elektranama.

6. *Prekostrujna zaštita kao zaštita od vanjskih i unutarnjih kvarova.* Ovaj referat daje konkretne prijedloge za objedinjavanje obje funkcije prekostrujne zaštite generatora pomoću releja s dvostrukim vremenskim članom, odnosno uz jednostavnu adaptaciju s pomoćnim vremenskim sklopnikom, pa se iz diskusije moglo zaključiti, da će takovo rješenje naći svoju primjenu u našoj zemlji.

C. ZAŠTITA VODOVA

7. *Zaštita distributivne mreže 35 (30) kV u uslovima uzemljenja zvjezdišta sistema preko malog otpora.* Ovaj referat je odložen za iduće zasjedanje, zbog opsežnosti dnevnog reda, te zbog toga što je bio podijeljen samo manjem broju učesnika savjetovanja.

D. OPĆI PROBLEMI

8. *Ispitivanje zaštitnih uređaja za vrijeme pogona.* Na osnovu referata i diskusije o upotrebi ispitnih uređaja za kontrolu zaštitnih releja, Studijski komitet je prihvatio dvije varijante. Za manja postrojenja preporuča se upotreba preklopke za dodatnu struju iz pomoćnog izvora, čime se kontrolira zaštitni relej samo na prorađivanje. Za veća i važnija postrojenja preporuča se oprema novom preklopkom tvornice »Iskra« koja olakšava snimanje karakteristike releja za vrijeme normalnog pogona postrojenja, a pomoću ispitnog aparata.

9. *Zasjedanje Studijskog komiteta za zaštitu i releje 1961. u Oslu.* Referent je dao kratak prikaz savjetovanja, a dogovoreno je da će se referati s tog savjetovanja slati redom zainteresiranim članovima komiteta.

10. *Smjernice za daljnji rad, termin i mjesto za sastanak studijske grupe.* Već na ovom savjetovanju dogovoreno je da se za idući puta obrade slijedeće teme:

a) prenaponska zaštita mreže 110 kV;

b) pregled i održavanje releja u pogonu.

U vezi zasjedanja Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRÉ u Budvi 1962., sekretarijat će izraditi izvještaj o radu komiteta.

Slijedeći sastanak Studijskog komiteta za zaštitu i releje održat će se krajem 1962. u Sarajevu.

Ing. V. Hangi

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

O radio-smetnjama uzrokovanim od vodova vrlo visokog napona

U *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers,* sv. 80, 1961, J. Rechmann i J. R. Leslie objavili su u članku »Studije radio-smetnja na vodovima najvišeg napona« rezultate novijih ispitivanja na dva pokusna voda, dužine 760 m, sa četiri vodiča u snopu, promjera pojedinog vodiča 20,3 odnosno 28 mm. Tu su ispitivani nivo smetnje i korone za napone do 600 kV na vodičima, izolatorima i armaturama. Ova su ispitivanja pripreme za kasniju gradnju prijenosnih vodova napona 460 kV.

Mjerenje jakosti visokofrekventnog polja smetnje, uz frekvenciju mjerenja od 1 MHz i napon od 500 kV, provedeno je kao trajno mjerenje (srednja vrijednost preko 30 min.), a rezultati mjerenja su prikazani u zavisnosti od godišnjeg doba i atmosferskih uvjeta. Tok frekvencije mjerenih vrijednosti nivoa smetnje kratkog pokusnog voda je ovisan o rezonanciji uslijed stojnih valova. Za preračunavanje ovih rezultata mjerenja na prilike dugog prijenosnog voda uzeli su autori kao osnovu geometrijsku srednju vrijednost između najviših i najnižih vrijednosti. Iz toga slijedi zaključak, da radio-smetnje neće biti suviše velike za projektirani snop od 4 vodiča, uz napon od 500 kV i kod jakosti polja na površini vodiča od 20 kV/cm.

Daljnja ispitivanja treba da objasne, zašto su kod istog napona smetnje voda sa snopom vodiča od 28 mm promjera (16 kV/cm) samo neznatno manje od smetnji voda sa snopom vodiča od 20,3 mm promjera (20 kV/cm). Oscilografska ispitivanja pokazuju, da u oba slučaja praktički samo pozitivna korona proizvodi visokofrekventne smetnje, pri čemu srednji vodič kod horizontalnog rasporeda vodiča predstavlja glavni izvor smetnji, s površinskom jakosti polja uvećanom za 5 %.

Pored mjerenja apsolutne veličine visokofrekventne smetnje ustanovljuje se i prostorno rasprostiranje rezultirajućeg polja smetnje. Utjecaj obiju vrsta polja smetnja (vodič-vodič i vodič-zemlja) ispituje se još kod 300 kV uz primjenu umjetnih izvora smetnji, pri čemu dolazi do kvantitativnih razlika između kratkog i dugog voda.

Budući da se kod mjerenja jakosti polja može obuhvatiti samo rezultirajuće polje smetnje sva tri vodiča, pokušava se mjeriti udio smetnje pojedinog vodiča pomoću mjerenja napona smetnje uz upotrebu sprežnih kondenzatora. Pri tome nastaju poteškoće, jer kondenzator predstavlja opterećenje visokofrekventnih izvora smetnji na vodu unatoč visoko-

omskom podešavanju. Kao odnos visokofrekventnog napona smetnje prema jakosti visokofrekventnog polja smetnje daje se korekciona vrijednost od 32 : 1 do 63 : 1.

Udio jakosti visokofrekventnog polja smetnje, koja potječe od izbijanja korone na izolatorima i armaturama vodiča, ne može se odrediti mjerenjem jakosti visokofrekventnog polja ili napona smetnje, jer se uvijek mjeri istovremeno i korona vodiča. Zato su izvršena noćna fotografska snimanja kod kojih se jasno mogu razlikovati izbijanja korone na vodičima, izolatorima i armaturama. Dolazi se do zaključka, da u blizini stupova nastaju mnogobrojna izbijanja korone na vodičima. Razlika u odnosu na sredinu raspona iznosi kod drvenih stupova 4 %, a kod čeličnih stupova 5 %. Ako se montiraju prigušivači vibracija (armor rods), smanjuju se ova izbijanja. Pomoću nove vrste zaštitnih prstena mogu se spriječiti sva vidljiva izbijanja na metalnim dijelovima i izolatorima na mjestima zavješenja. Kod ovjesnih izolatora daje se prednost tipu izolatora s posebnom glazurom, koji prema ispitivanjima u laboratoriju kod istog napona proizvodi znatno manje visokofrekventne smetnje (faktor 10 do 80) od izolatora bez takove glazure.

Ing. F.

Smjernice za armature izolatorskih lanaca i užeta za nadzemne vodove jake struje

U Njemačkoj postoje standardi DIN za proizvodnju armatura izolatorskih lanaca i užeta za nadzemne vodove jake struje, koji sadrže podatke o materijalu, dimenzijama i dobavnim uvjetima. Do sada nisu postojale odredbe za ispitivanje ovih armatura za vrijeme proizvodnje i prilikom preuzimanja. Sada su u pripremi VDE 02.12 »Smjernice za armature izolatorskih lanaca i užeta za nadzemne vodove jake struje«, te je izrađen već i prijedlog, o čemu izvještava ETZ-A 1961, br. 20.

Budući da se i u našoj zemlji već proizvode ove armature, a još ne postoje standardi za ispitivanje i preuzimanje, bit će zanimljivo upoznati spomenuti prijedlog.

Za ispitivanje armatura za vodiče, koje u prvom redu služe za sprovođenje pogonske struje, kao što su strujne stezaljke, otcjepne stezaljke, spojnice i kabelske stopice, utvrđene su već koncem 1958. odredbe za ispitivanje, o čemu su se sporazumjeli Udruženje proizvođača električne energije i Centralni savez elektrotehničke industrije. Ove su odredbe prethodile smjernicama, koje će ih nadomjestiti.

Pri izradi smjernica sudjelovali su nadležni organi vlasti, potrošači, građevna poduzeća, te proizvođači izolatora i armatura.

Odredbe za proizvodnju i ispitivanje armatura objavit će se kao smjernice, jer su to nove odredbe, s kojima još nema iskustva, nego ih treba tek prikupiti. Kasnije će se razmotriti mogućnost da se proglase pravilima. Prije spomenute odredbe proširene su na cjelokupne armature za nadzemne vodove jake struje, s izuzetkom za električne željeznice, tj. one obuhvataju i pretežno mehanički opterećene dijelove.

Sadržaj odredaba je uglavnom zadržan s malim promjenama i u smjernicama.

Redakcijski su smjernice VDE 0212 prilagođene VDE 0446 »Pravilima za izolatore sa priborom za nadzemne vodove jake struje i kontaktne vodove«. Razgraničenje između smjernica i pravila sastoji se u tome, da armature koje su čvrsto vezane s izolatorom, kao npr. kape i potpore, ne spadaju u smjernice.

Smjernice VDE 0212 sadrže odredbe o proizvodnji i to dimenzije, materijal, površinska svojstva i zaštitu kao i znak proizvođača. U tom pogledu predstavljaju dopunu »Tehničkih dobavnih uvjeta« DIN 48215 odnosno DIN 46246 i ostalih odgovarajućih standarda DIN.

Odredbe ispitivanja odnose se na komadna ispitivanja, ispitivanja nasumce i tipska ispitivanja.

Komadna ispitivanja (odsjek IV A) služe za kontrolu tekuće proizvodnje i treba da otkriju eventualne greške u materijalu i proizvodnji. Ograničuju se na kontrolu površinskih svojstava i materijala. Svi dijelovi koji su u normalnom pogonu vlačno opterećeni podvrgavaju se vlačnom opterećenju, kojemu je veličina određena u DIN-u, a za nenormirane komade određuje se po dogovoru. Mjesto vlačnog ispitivanja mogu se naročito sitni čelični dijelovi podvrgnuti nekoj drugoj metodi, pomoću koje će se dobiti jednako vrijedni dokazi o kvaliteti materijala, npr. ispitivanjem po Brinellu ili elektromagnetskim postupkom. Budući da kod takvog načina ispitivanja nema dokaza o nastajanju finih pukotina, potrebno je naročito ispitivanje pukotine npr. postupkom s magnetskim prahom.

Ispitivanja nasumce (odsjek IV B) služe također za kontrolu tekuće proizvodnje, a osim toga i kao osnova za eventualno ugovorene uvjete. Ovim se ispitivanjem trebaju dokazati izvjesna svojstva armatura, kao što je održavanje standardiziranih ili dogovorenih dimenzija, prekidnog tereta, tvrdoće površine, pružljivosti elastičnih dijelova i konačno pocinčanja.

Broj komada koje treba podvrgnuti ovom ispitivanju je određen samo za neka ispitivanja, dok je za kontrolu tekuće proizvodnje prepušteno proizvođaču da odredi broj komada.

Tipska ispitivanja (odsjek IV C) treba da dokažu svojstva mjerodavna za upotrebu armatura u smislu VDE 0210 i VDE 0211. Tipska se ispitivanja vrše samo jedanput. Rezultati vrijede tako dugo, dok se konstrukcija ili materijal armatura ne izmijene toliko, da bi promjene mogle utjecati na svojstva koja su ranije utvrđena.

Prema vrsti armatura treba izvršiti mehanička ili električna tipska ispitivanja ili oba ispitivanja. Za armature koje su u normalnom pogonu pretežno mehanički opterećene dovoljno je da zadovoljavaju standardiziranom ili dogovorenom prekidnom teretu. Gdje postoje standardi DIN mjerodavni su minimalni prekidni tereti, a kao »dogovorene« vrijednosti smatraju se one iz kataloga ili ponude. Ispitivanja treba tako provesti da omogućuju ocjenu o ponašanju armatura kod naprezanja koja nastaju u pogonu. Armature koje služe za zatezanje ili spajanje užeta treba ispitati zajedno s užetima i to po mogućnosti od raznih proizvođača.

Električna tipska ispitivanja ograničuju se na armature koje vode pogonsku struju kao npr. strujne i otcjepne stezaljke ili kabelske stopice. Za prosuđivanje armature u električnom pogledu u dugogodišnjem pogonu predviđena su tri razna ispitivanja.

Osnovno ispitivanje (§ 18b) je *utvrđivanje pada napona* na armaturu u odnosu na pad napona na jednako dugom komadu vodiča (faktor δ). Ovaj faktor ne smije prekoračiti izvjesnu vrijednost. Ako ipak prekoračuje, armatura ne odgovara.

Najvažnije i najteže ispitivanje je *ispitivanje starenjem* (§ 18c). Iz tog ispitivanja se vidi ponašanje kod promjenljivog opterećenja strujom, kako se dnevno pojavljuje na vodu. Za procjenu se uspoređuje povećanje temperature armature i vodiča na kraju pokusa. Iskustvo je pokazalo da je armatura ispravna, ako ostaje hladnija od vodiča. Predviđeno je 1000 opterećenja. Dobre armature su dorasle znatno većem broju opterećenja, dok se pretpostavlja da u tom pogledu loše armature ispadaju za vrijeme pokusa starenjem. Ponašanje armatura za vrijeme pokusa starenjem promatra se mjerenjem pada napona nakon 100 opterećenja. Brzi porast pada napona ukazuje na pogoršanje kontakta armature.

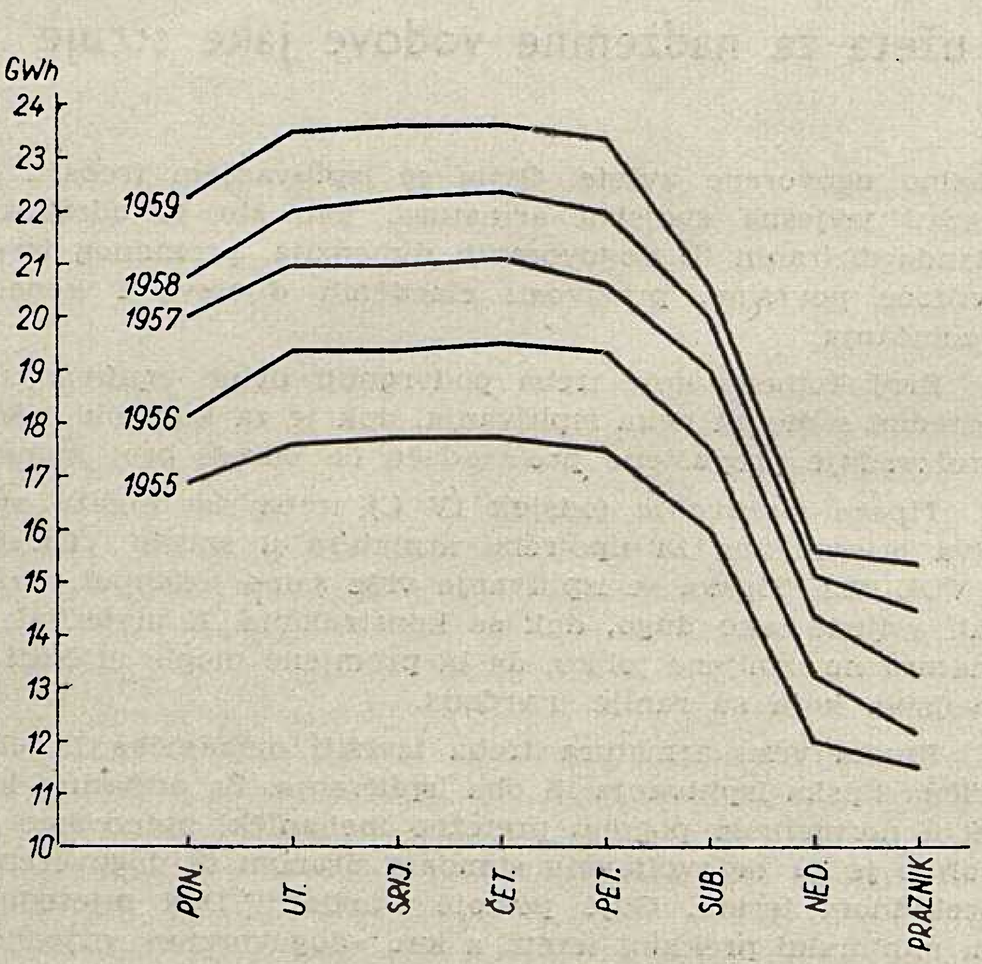
Završetak električnog tipskog ispitivanja čini *pokus kratkim spojem* na armaturama koje su zadovoljile ispitivanje starenjem, čime se postiže sličnost pogonskim uvjetima. Struja kratkog spoja koja se primjenjuje treba da iznosi 15- do 30-struki iznos dozvoljene trajne struje vodiča koji se ispituje. Struja kratkog spoja ostaje ukopčana dok se vodič ne rastopi. Kod opterećenja strujom kratkog spoja ne smiju se oštetiti armature, niti se vodič smije stopiti s armaturom. Oštećenja se opažaju prostim okom, a stapanje povećalom, dok promatranje kontaktnih mjesta pomoću mikroskopa daje još točnije rezultate.

Ing. F.

Utjecaj promjene radnog vremena na opskrbu električnom energijom

(45-satni tjedan, 5 radnih dana u tjednu)

Uvođenje skraćenog radnog vremena od 45 sati tjedno, a naročito uvođenje pet radnih dana tjedno znatno se odrazilo na opskrbu električnom energijom. Dokaz za to su ispitivanja koja se vrše na osnovu dugogodišnjih statističkih podataka i to za »potrošak radnim danom« i za »srednji godišnji potrošak u izvjesnom danu u tjednu (tipovi dana)«. U časopisu ÖZE, 1961. br. 10 određena su ova dva parametra za javnu opskrbu električnom energijom Austrije, u članku L. B a u e r-a, pod gornjim naslovom.



Sl. 1. Srednji godišnji potrošak u GWh za pojedine dane u tjednu (tipovi dana) za razdoblje od 1955. do 1959.

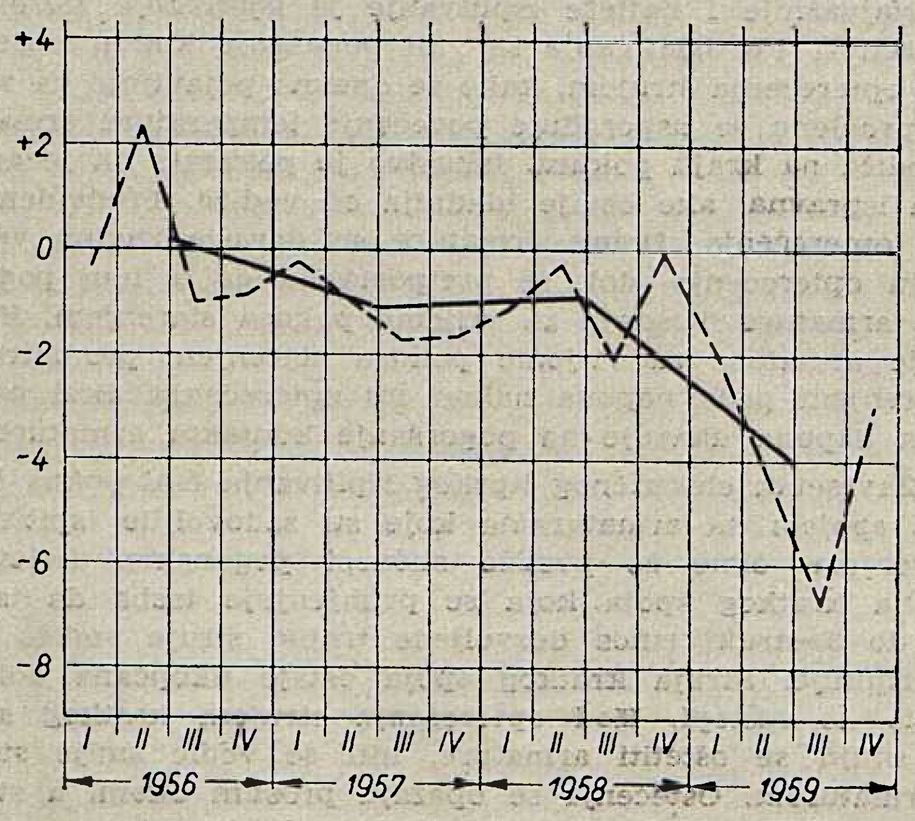
Prosječni godišnji potrošak radnim danom prikazan je u tablici.

U sl. 1 prikazan je srednji godišnji potrošak za pojedine dane u tjednu u GWh.

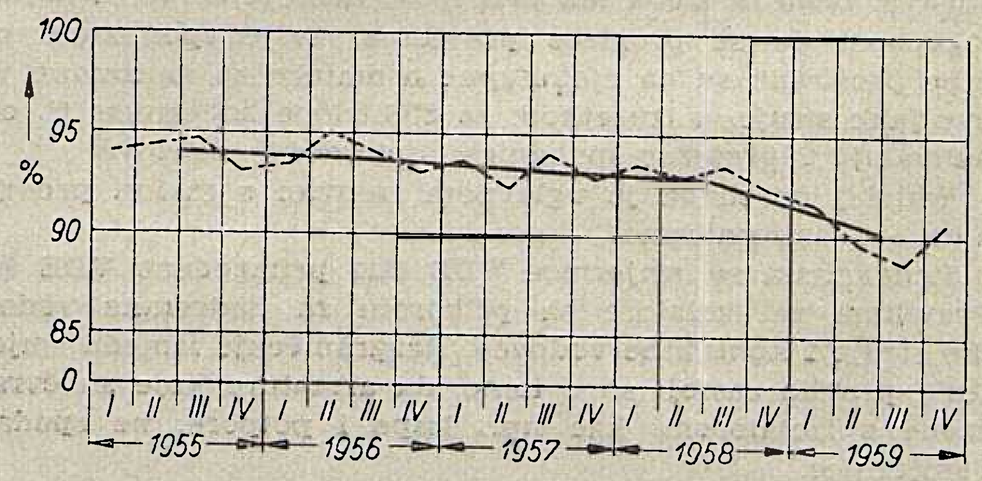
Potrošak u četvrtak je samo neznatno veći nego u srijedu. U svim internacionalnim statistikama uvijek se promatra konzum u srijedu. Utorak i petak se u pogledu potroška električne energije samo malo razlikuju od četvrtka i srijede, dok se ponedjeljak već jače razlikuje. Naravno je da je potrošak električne energije subotom, a naročito nedjeljom znatno manji nego radnim danom. Nedjeljom i praznikom je najmanji potrošak.

Godina	Godišnji prosjek		
	GWh	Udio na potrošku radnim danom	
		subota	nedjelja i praznik
		u %	
1953.	13,9	90,1	65,5
1954.	15,7	91,8	67,0
1955.	17,5	91,9	67,4
1956.	19,1	92,0	68,2
1957.	20,8	91,5	67,9
1958.	21,8	91,1	67,0
1959.	23,3	88,7	66,0

U Austriji je tek početkom 1959. uveden radni tjedan od 45 sati, ali je većina pogona već 1945. prešla na kraće radno vrijeme i na tjedan od 5 radnih dana. Ispitivanja od 1955. pokazuju stalno smanjenje potroška subotom u odnosu na druge radne dane. Teoretski je moguće kod skraćenja radnog vremena zadržati istu proizvodnju samo povećanjem produktivnosti, dakle je trebalo pretpostaviti da će se povećati maksimalno opterećenje radnim danom. Nadalje se mora prijelaz od tjedna sa šest dana na pet dana odraziti u povećanju potroška struje u pet radnih dana i u smanjenju potroška subotom. Potrošak struje subotom *su* za svaki tjedan uspoređen je potroškom struje srijedom *sr*. U slici 2 prikazane su vrijednosti sažete u godišnje kvartale i pokazalo se, da se je odnos *su/sr* u Austriji, smanjio za oko 4 % u 1959., u odnosu na 1955. U Belgiji i Zapadnoj Njemačkoj to smanjenje je znatno veće i iznosi oko 8 %.



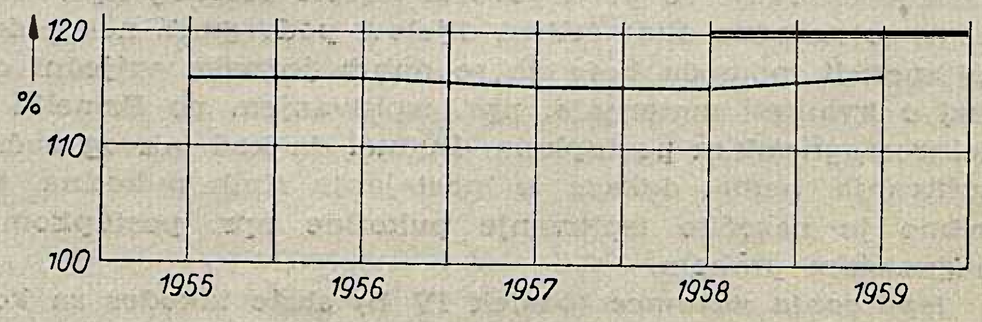
Sl. 2. Odnos *su/sr* (srednje vrijednosti za kvartale i srednje godišnje vrijednosti 1956. do 1959. u usporedbi s 1955; promjene u %).



Sl. 3. Odnos *su/pr* (srednje vrijednosti za kvartale i srednje godišnje vrijednosti 1956. do 1959. u %)

Nadalje je uspoređen potrošak struje subotom *su* sa srednjim potroškom od ponedjeljka do petka *pr* od 1955. do 1959., u odnosu na 1959, te je također smanjen za oko 4 %. (U Saveznoj Republici Njemačkoj iznosilo je smanjenje ovog odnosa u 1956. i 1957. oko 5 %, a u Švicarskoj oko 10 %).

Konačno je još ispitano u kojoj mjeri se promijenilo opterećenje. U tu je svrhu utvrđeno srednje opterećenje za



Sl. 4. Omjer *M/A*

svaku srijedu od 8 do 16 sati, a iz toga je određena srednja godišnja vrijednost M, i uspoređena sa srednjim godišnjim opterećenjem A (A = godišnji potrošak u 8760 sati).

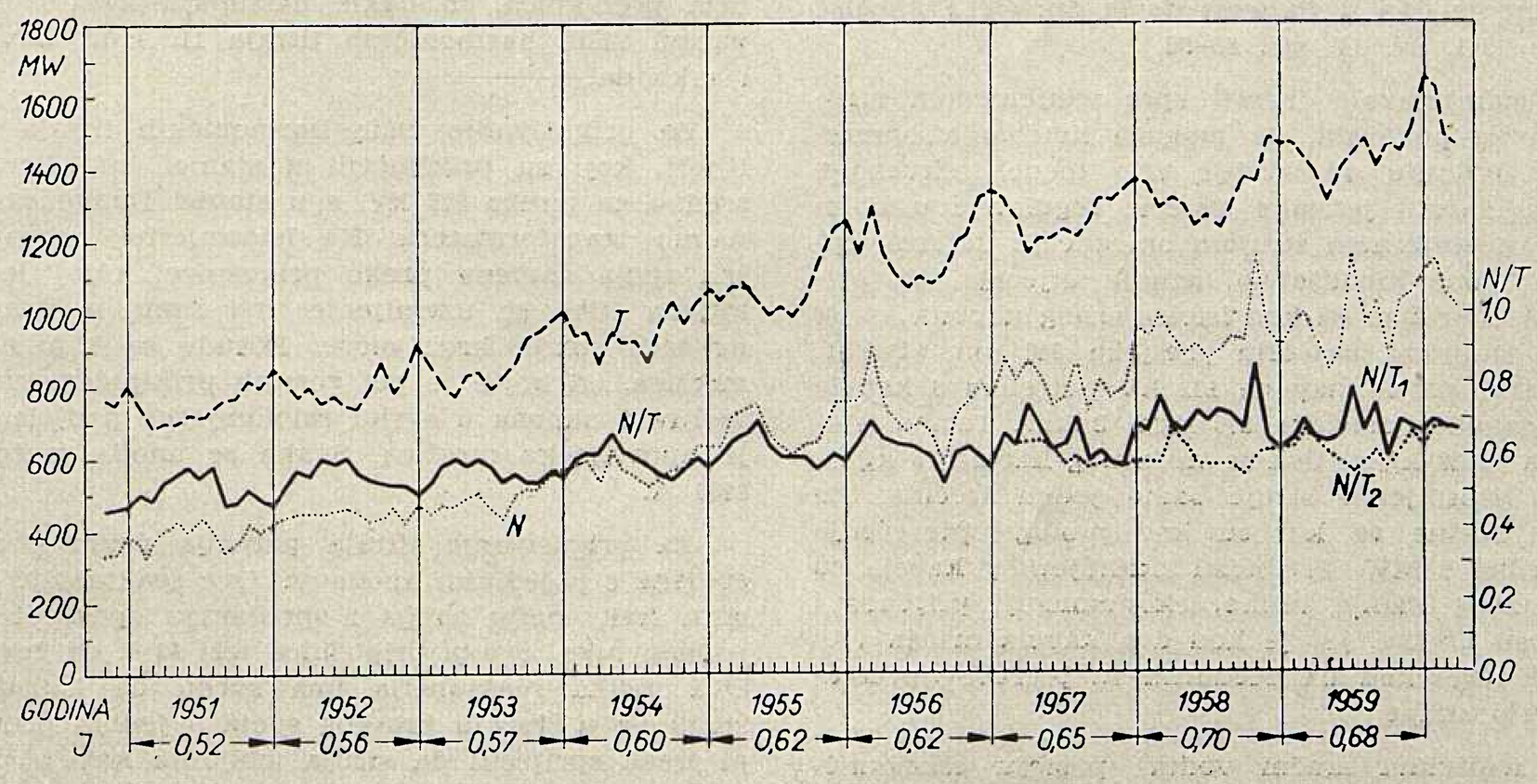
Iz sl. 4 se vidi, da se vrijednost ovog odnosa, iako se posljednjih godina mogao opaziti lagani porast, u Austriji zasada nije promijela, vjerojatno zbog dugog prijelaznog perioda. U Belgiji, Saveznoj Republici Njemačkoj i Švicarskoj ovaj je odnos porastao do 10 %.

Sl. 5. Omjer opterećenja N/T za svaku treću srijedu
N = najmanje opterećenje u vremenu od 22–6 sati
T = najveće opterećenje u vremenu od 6–22 sata
N_1 = N/T s energijom za pumpanje
N_2 = N/T bez energije za pumpanje
J = godišnji prosjek za N/T

Zahvaljujući tarifnim mjerama odnos N/T (vidi sl. 5) u Austriji je približno jednako povoljan kao u Švicarskoj, a znatno veći nego u drugim evropskim zemljama.

Rezimirajući može se utvrditi, da je prijelaz na radni tjedan od 45 sati, a prije svega na tjedan s pet radnih dana, uzrokovao elektroprivredi dodatna ekonomska opterećenja. Zbog dokazanog znatnog smanjenja opterećenja krajem tjedna i uslijed postepeno relativno jakog porasta tjednog vrška opterećenja dolazi do smanjenja godišnjeg trajanja upotrebe i do dodatnih poteškoća kod ekonomskog uvrštenja elektrana. Protočne elektrane imaju ljeti veće količine energije koje ne mogu iskoristiti ili samo pod nepovoljnim uvjetima. Pogon parnih elektrana koji je predviđen za opterećenje radnog dana u tjednu mora biti češće prekinut ili slabije iskorišten u ekonomskom pogledu zbog manjeg opterećenja.

Ing. Karlo Fišer



Televizija i opterećenje mreže

U godišnjem izvještaju 1960/1961. *Central Electricity Generating Board,* London, prikazan je utjecaj televizije na krivulju dnevnog opterećenja iz koje je vidljivo, da su životne navike izmijenjene uslijed televizije. Zbog toga se povećao faktor istovremenosti kućanskih električnih aparata (na primjer štednjaka i bojlera), jer se skoro istovremeno ukapčaju nakon popularnih televizijskih emisija, a opterećenje naraste u roku od 1 do 2 minute za 600 MW. Televizori uzrokuju opterećenje reda veličine 500 MW. Dispečeri na osnovu ranije stečenog iskustva procjenjuju, u kolikoj mjeri će televizijski program privući pažnju gledalaca i prema tome vrše pripreme u elektranama za pokriće naglog povećanja opterećenja.

U proljeće 1961. g. imalo je oko 78 % svih kućanstava u Velikoj Britaniji televizor, dok je svega 76 % imalo radio-aparat. U Saveznoj Republici Njemačkoj svega je 26 % svih kućanstava imalo televizor, dok je 82 % imalo radio-aparat.

U tablici su dani podaci Saveznog ministarstva pošta Savezne Republike Njemačke o priključnim vrijednostima i vjerojatnim opterećenjima mreže u večernjim satima za godine 1953. do 1961. Iz toga se vidi, da je u Saveznoj Republici Njemačkoj već postignut red veličine od 500 MW kod večernjeg opterećenja mreže uslijed televizora. Može se pretpostaviti, da je najviše televizora ukopčano oko 20 sati.

Ako se usporede vrijednosti iz tablice s gore navedenim vrijednostima *Central Electricity Generating Board,* London, gdje opterećenje mreže uslijed televizora iznosi oko 500 MW, dolazi se do rezultata, da je u Engleskoj faktor istodobnosti televizora oko 25 %.

Godina	Priključna vrijednost svih aparata (kod priključne vrijednosti od prosječno 170—175 W po aparatu) MW	Vjerojatno večernje opterećenje mreže (uz faktor istodobnosti od 60 %) uslijed televizora MW
1952.	—	—
1953.	0,3	0,2
1954.	4	3
1955.	21	13
1956.	65	39
1957.	138	83
1958.	248	149
1959.	414	248
1960.	633	380
1961.	825	495

Podaci *CEGB* odnose se samo na Englesku i Wales (45,755.000 stanovnika). Uz pretpostavku, da su tri osobe u kućanstvu, ima 15,250.000 kućanstava, a uz 78 % — 11,900.000 aparata. Ako se računa, da aparat ima priključnu vrijednost od 170–175 W, dolazi se na priključnu vrijednost od 2 GW i kod opteećenja mreže od 500 MW na faktor istovremenosti od samo 25 %, koji izgleda nevjerojatno nizak.

Možda se vrijednost od 500 MW odnosi samo na dodatno opterećenje mreže u slučaju naročito popularnih emisija. Vjerojatnija je pretpostavka, da se priključna vrijednost od 2 GW manifestira samo s 500 MW na večernje opterećenje, jer su za vrijeme večernjih televizijskih emisija isključeni radio-aparati, koji se u druge sate upotrebljavaju.

Ing. K. Fišer

Povezivanje francuske i britanske mreže istosmjernim visokim naponom

Povezivanje engleske mreže snage 20.000 MW s francuskom mrežom snage 40.000 MW pomoću voda koji može prenositi svega nekoliko stotina megavata, čini se u prvi čas da je bez većeg značaja. Međutim, takav vod koji spaja dvije mreže, ima drugu svrhu nego prijenosni vod, jer se pomoću takvog voda međusobno pomaže i ostvaruje rezerva, a osim toga se izravnava suvišna snaga. Vršna opterećenja obiju mreža se smanjuju, a tražena snaga se osigurava s najmanje mogućom instaliranom snagom, te se time štede investicioni troškovi u obim mrežama. Krivulje opterećenja obiju mreža pokazuju, da vršno opterećenje nastupa u različito vrijeme, u Francuskoj ujutro, a u Engleskoj poslije podne. Stoga je i te kako ekonomičan spoj obiju mreža, koji omogućuje izmjenu od nekoliko stotina megavata.

Prikaz o tome je dan u *Bulletin de la Société Française des Électriciens,* 1961, sv. 14, str. 86–96.

Najprije se namjeravalo izvesti spoj izmjeničnom strujom. Ispitivanja su pokazala, da moguća kolebanja opterećenja na vodu uvjetuju održavanje vrlo točne frekvencije na mjestima prijelaza i jednake sisteme regulacije u obim mrežama. Spoj istosmjernom strujom omogućuje da frekvencije u obim mrežama međusobno nemaju utjecaja. Za prijenos od 160 MW potrebna su kod istosmjernog napona ± 100 kV dva kabela izolirana papirom presjeka 340 mm² bakar, dok su uz trofazni sistem napona 132 kV potrebna 3 kabela pod pritiskom, također presjeka 340 mm² bakar. Težina istosmjernog kabela je 33 kg/m, dok je trofaznog kabela 75 kg/m. Gubici su kod istosmjerne struje samo jedna trećina. Za kabelsku trasu dužine 60 km su kod punog opterećenja uštede na gubicima 9 MW. Prednosti istosmjernog kabela su lakša montaža zbog manje težine, ekonomičniji prijenos i manje mogućnosti greške, jer je kod dva kabela manja vjerojatnost greške nego kod tri. Međutim su potrebne pretvaračke stanice vrlo skupe.

Istosmjerni nadzemni zračni vodovi postaju ekonomični tek kod prijenosa snaga od 1000 MW na udaljenost od 1000 km. Kod kabela je ova granica znatno niža, a studija veze engleske i francuske mreže je pokazala, da je istosmjerni kabel ekonomičniji, te je stoga ovo rješenje usvojeno od francusko-engleske komisije godine 1956.

Utvrđena je prijenosna snaga od 160 MW kod istosmjernog napona od 200 kV s uzemljenjem nul-tačke. Napon svakog kabela iznosi ± 100 kV, a najveća struja 800 A. Na engleskoj obali je stanica kod Dungeness i bit će u prvo vrijeme priključena na mrežu 132 kV kod Canterbury-a. Za nekoliko će se godina tamo izgraditi atomska elektrana od najmanje 500 MW, koja će biti povezana s engleskom mrežom preko dva voda napona 275 kV. Na francuskoj obali je stanica u blizini Boulogne vezana na mrežu 225 kV.

Kod kabela postoje tri dionice: podmorski kabel, suhozemni kabel i spojni kabel između obiju. Kod istosmjernih kabela pojave ionizacije nemaju većeg utjecaja, te je bilo moguće odabrati klasični kabel s impregniranom papirom izolacijom. Spomenute tri kabelske dionice izvrgnute su vrlo različitim naprezanjima. Podmorski kabel je bolje hlađen od suhozemnog, ali je mehanički mnogo više opterećen prilikom montaže na vlak, savijanje i uvijanje.

Najteže uvjete ima spojni kabel, jer je manje hlađen od podvodnog i jako je mehanički opterećen uslijed plime i oseke. Kabeli su prema tome različito dimenzionirani. Podmorski kabel ima presjek od 340 mm², a suhozemni i spojni kabel od 605 mm². Podmorski i spojni kabel armirani su čeličnim žicama.

Britanski admiralitet je propisao da odstupanje magnetskog polja na morskoj površini uslijed djelovanja kabela mora iznositi manje od 2⁰. Zbog zadovoljenja ovom traženju oba su kabela istovremeno spuštena, te se nalaze na dnu mora na udaljenosti od 2 m, a međusobno su vezana. Zbog potrebe da se istovremeno polože oba kabela, nije bilo moguće da svaka zemlja položi jedan kabel na cijeloj dužini, nego je svaka zemlja morala položiti oba kabela do sredine kanala.

Pretvaračka grupa ima 6 posuda u trofaznom mosnom spoju, koji omogućuje upotrebu normalnih transformatora i koji daje šestofazne valove primarne struje. Regulacijom rešetke može se pomaknuti vrijeme paljenja posuda i time regulirati napon. U svakoj stanici su dva takva mosna spoja paralelno spojena, pri čemu je jedan transformator spojen zvijezda/zvijezda, a drugi zvijezda/trokut. U tom slučaju nastaju u mreži dvanaestofazni valovi struje. Budući da primarna struja jednog pretvarača sadrži kao više harmoničke titraje sve mnogokratnike od $p \pm 1$, pri čemu je p broj faza pretvarača, to dakle nastupaju kod ovog spoja samo parovi viših harmoničkih titraja 11. i 13, 23. i 25, 35. i 37. i tako dalje.

Za prigušivanje viših harmoničkih titraja predviđeni su filteri, koji su priključeni u stanici kod Boulogne-a neposredno na mrežu 225 kV, a u stanici Dungeness na tercijarni namot transformatora. Na istosmjernoj strani su oba nosna spoja spojena preko prigušnice, kojoj je sredina uzemljena. Ovo se uzemljenje vrši samo u jednoj stanici da ne teče struja kroz more. Posude sa 4 anode imaju šest mrežica, od kojih je pet gornjih priključeno na vanjski razdjeljivač napona u svrhu ravnomjerne podjele polja, a šesta je upravljačka mrežica. Svaka se anoda može opteretiti sa 2000 A.

Za prigušivanje titraja paljenja prigušnice su u seriju spojene s pojedinim anodama. Ove reaktancije smanjuju vlastitu frekvenciju kruga i sprečavaju opasnost prekida električnog luka. Svaka prigušnica teži 63 t, od čega je 11 t ulje. Ova velika reaktancija ima svrhu da izgladi istosmjernu struju, a u slučaju kratkog spoja u jednoj pretvaračkoj grupi treba spriječiti da struja izbijanja kabela ne naraste suviše strmo i ne postigne suviše velike vrijednosti.

Svaki izmjenjivač sam troši jalovu snagu, koja nastaje od faznog pomaka struje izmjenjivača uslijed komutiranja, a to je prijelaz istosmjerne struje na slijedeću anodu. Skok struje od jedne anode na slijedeću treba neko konačno vrijeme i mora se najkasnije završiti u tački presjecišta faza izmjeničnog napona, jer tada napon komutacije mijenja svoj predznak. Praktički se mora komutacija već prije završiti, da se dobije na vremenu za deionizaciju posuda i rezervu za komutaciju kod pada napona u trofaznoj mreži. Kut paljenja posude mora dakle biti odabran tako velik, da nakon završetka komutacije do presjecišta faza izmjeničnog napona preostane još dovoljno velik, takozvani kut gašenja. Kod ovog postrojenja iznosi kut paljenja 23⁰ i kut gašenja 15⁰. Iz toga slijedi kut faznog pomaka 26⁰, tj. potrebna jalova snaga oko 50 % prijenosne radne snage, dakle kod 160 MW radne snage 80 MVAr. Zato treba u stanici postaviti proizvođače jalove energije. Nadalje su potrebni filteri za prigušivanje struja viših harmoničkih titraja, da se spriječe smetnje u susjednim vodovima elektroveza. Oba problema su zajednički riješena, ako se za dobavu jalove snage upotrebe kondenzatori, ispred kojih se nalaze reaktancije, podešene za prigušivanje viših harmoničkih struja.

Mjerenja su u Švedskoj pokazala, da titranja koja nastaju paljenjem posuda mogu izazvati u izvjesnom području radio i televizijske smetnje. Zato je odlučeno, da se pretvaračka stanica izgradi daleko od grada i to u udolini, koja je zaštićena brežuljcima. Kao dodatna mjera sigurnosti prostorija s pretvaračima potpuno je oklopljena.

Svaka je stanica opremljena za prijenos snage u oba smjera. Smjer energije može se promijeniti u nekoliko desetinki sekunda. U Francuskoj je za stanicu predviđena telekomanda za dispečera iz Lillea.

K. F.

Razvoj potroška električne energije i elektroprivredno investiciono financiranje u Zapadnoj Evropi

Najnovija ispitivanja Organizacije za evropsku ekonomsku saradnju (OEEC) i Evropske ekonomske komisije (ECE) Ujedinjenih Naroda ukazuju na daljnji porast potrebe električne energije u Zapadnoj Evropi. Ta je potreba u posljednjih 5 godina porasla prosječno za 7,2 % godišnje, a do godine 1965. ona će se u prosjeku za 6,8 % godišnje i dalje povećavati, ali će i elektroprivredne investicije ostati u slijedećim godinama također na vrlo visokom nivou.

Procjene OEEC za pojedine evropske zemlje pokazuju, da se očekuje slijedećih godina vrlo različiti razvoj potroška u pojedinim zemljama Zapadne Evrope:

Zemlja	1960. TWh	1965. TWh	Prosječni prirast % god.
Jugoslavija	9	17	13,5
Zapadna Njemačka	111	158,7	7,4
Austrija	14,1	19,6	6,9
Belgija	14,1	17,8	4,8
Francuska	70,0	102,0	7,8
Italija	53,0	74,3	7,0
Luksemburg	1,5	2,0	5.9
Nizozemska	15,6	21,2	6,3
Švicarska	17,4	21,8	4,6
Danska	5,1	7,2	7,2
Španija	18,4	28,0	8,8
Grčka	2,2	4,1	13,4
Irska	2,1	3,0	7,4
Island	0,5	0,6	4,3
Norveška	32,2	43,5	6,2
Portugal	3,2	5,0	9,3
Velika Britanija	126,7	171,6	6,3
Švedska	34,1	46,1	6,2
Turska	2,6	4,0	9,0

TWh = milijarda kilovatsati

Tablica pokazuje da je u Grčkoj, Jugoslaviji, Portugalu, Španiji i Turskoj potrošak još vrlo malen, ali se očekuje slijedećih godina vrlo veliki prirast. Zapadna Njemačka, Austrija, Francuska, Italija, Danska i Irska, čiji je elektroprivredni razvoj iznad evropskog prosjeka, imat će u 10 godina udvostručenje potroška, dok se u Švicarskoj, Islandu, Norveškoj, Velikoj Britaniji i Švedskoj očekuje prirast manji od prosječnog.

U Zapadnoj Evropi se očekuje veliki prirast potroška u kućanstvu.

Za pokriće sve većih potreba za električnom energijom potrebe investicije u Zapadnoj Evropi iznosile su 1955. oko 2,5 milijardi računskih jedinica (1 računska jedinica odgovara jednom dolaru SAD), dok su 1960. iznosile oko 4 milijarde. Prema procjeni OEEC investicije u 1961. i dalje će rasti, 1962. i 1963. vjerojatno će se nešto smanjiti, a slijedećih godina vjerojatno opet porasti.

U godini 1961. postići će investicije za hidroelektrane, prijenosne i distribucione uređaje najveći iznos, a zatim će se polagano smanjiti, dok će za termoelektrane i dalje rasti.

Pretpostavlja se, da će godišnje elektroprivredne investicije do 1965. ostati jednake u Belgiji, Italiji, Nizozemskoj, Švicarskoj, Islandu, Norveškoj, Velikoj Britaniji i Turskoj, dok će se smanjiti u Luksemburgu, Španiji, Portugalu i Švedskoj. Porast se očekuje u Zapadnoj Njemačkoj, Irskoj i Grčkoj.

Godišnje investicije u Velikoj Britaniji su skoro dvostruko veće nego u Zapadnoj Njemačkoj, dok je potrošak električne energije svega za oko 10 % veći. Glavni je razlog gradnja atomskih elektrana u Velikoj Britaniji.

ECE ukazuje na to, da potreba kapitala elektroprivrede ima tendenciju, da brže raste od nacionalnog dohotka, te stoga elektroprivreda nailazi na tržištu kapitala na povećanu konkurenciju ostalih industrija. Stoga dolazi do poteškoća, da se potrebna investiciona sredstva dobiju uz povoljne uvjete, unatoč tome što se elektroprivredne investicije mogu smatrati sigurnim. Iz izvještaja je vidljivo, da je prošlih godina namaknut kapital za 40—50 % elektroprivrednih investicija putem samofinanciranja, dok je u Austriji, Francuskoj i Irskoj bio udio samofinanciranja znatno manji, jer su ovdje zarađena sredstva morala biti upotrebljena za namirivanje dugova.

Visoke kvote samofinanciranja često se kritikuju, jer električna energija ima veliko ekonomsko i socijalno značenje i njenom prodajom ne treba ostvariti prekomjerne zarade.

Među izvorima financiranja najvažniju ulogu imaju otpisi. ECE preporuča postupak degresivnog otpisa, koji najbolje vodi računa o stvarnom smanjenju vrijednosti postrojenja.

Stalna potreba za kapitalom izvan poduzeća za investiciono financiranje u elektroprivredi uzrokuje u nekim zemljama povećanje kamatne stope za zajmove i razlogom je, da se traži strani kapital. Povezivanje evropske privrede i rastuća konvertibilnost novca pogoduje nabavci stranog kapitala za elektroprivredne investicije.

Prema mišljenju ECE treba odobriti subvencije samo za nerentabilne investicije, koje država zbog viših interesa smatra potrebnim. Tako se daju subvencije za elektrifikaciju poljoprivrede u Austriji, Danskoj, Finskoj, Francuskoj, Irskoj i zemljama Istočnog bloka.

U zemljama s podržavljenom elektroprivredom financiraju se investicije iz vlastitih sredstava ili iz centralnih investicionih i otpisnih fondova. U interesu zdrave financijske politike treba za ova sredstva predvidjeti umjerene kamate.

Kod beskamatnih državnih subvencija postoji opasnost, da se drži niža cijena električne energije, nego što odgovara troškovima. To može imati za posljedicu preveliki potrošak energije, što uzrokuje opet znatne investicije. Osim toga se iz javnih sredstava moraju pokriti gubici, koji nastaju zbog neopravdano niskih troškova energije. Svrsishodnije je prilagoditi cijenu energije troškovima, a ušteđena sredstva upotrebiti za investicije.

U zaključku se zastupa mišljenje, da je korisnije pojačati samofinanciranje, (gdje kod elektroprivrede može doći do poteškoća u financiranju), čak ako se time i povećaju cijene energije. Samofinanciranje garantira poduzeću zdravu financijsku osnovu, koja je potrebna pretpostavka za razvoj elektroprivrede, a ova je osnov za ekonomski razvoj pojedinih zemalja.

kf

Povezivanje elektroprivrede Engleske i Francuske

U austrijskom časopisu *ÖZE* 13 (1960), br. 9 izašao je prikaz o povezivanju elektroprivrednih sistema Francuske i Engleske podmorskim kabelom kroz kanal La Manche. Radi interesa naših čitatelja donosimo taj prikaz u nešto skraćenom opsegu.

Puštanje u pogon ovog kabela predviđeno je još u toku ove godine. Kabel je dužine 56 km, a polaže se između Boulogne (na francuskoj strani) i Dungeness (na engleskoj strani). Prijenos se vrši istosmjernom strujom napona 200 kV, a najveća prijenosna snaga iznosi 160 MW za oba smjera.

Priključak na francusku mrežu izvršit će se na 225 kV, jer u Francuskoj do 1958. izgrađeni vodovi dužine oko 450 km s naponom od 380 kV dosižu od Genissiat-a samo do Parisa. U Boulogne-u postavit će se ispravljačka i pretvaračka stanica. U Lydd-u na engleskoj obali je stanica za priključak na englesku mrežu napona 275 kV (»supergrid«), koja je duža od 1600 km, a koja će djelomično biti prespojena na napon od 380 kV.

Obje pretvaračke stanice dobavit će švedska tvornica ASEA, koja zasada jedina u svijetu raspolaže s praktičnim iskustvom za podv`dni prijenos istosmjernom strujom, jer je još u 1954. uspostavila takvu vezu između švedske obale i otoka Gotland. Francuska i Engleska dobavit će svaka polovinu kabela.

U obim stanicama bit će posada, ali je predviđeno daljinsko upravljanje s francuske i s engleske strane. Pošto se donese neka odluka, moći će se željeni smjer i veličina toka energije ostvariti u roku od nekoliko sekunda.

Preliminarno su određeni ukupni troškovi prijenosa u iznosu od 4 milijuna engl. Lst., a svaka zemlja plaća polovinu. Engleska pri tome ušteđuje građevne troškove od 10 miliona Lst. za rezervnu elektranu od 160 MW, koja bi inače bila potrebna. Izračunano je, da godišnji pogonski troškovi u usporeñenju sa vlastitom proizvodnjom omogućuju uštedu od 200.000 Lst. godišnje.

Poznate su prednosti pogona istosmjernom strujom za podmorske kabele. Gubici su manji nego kod izmjenične struje. Potrebno je manje kabela, a ova ušteda više nego kompenzira troškove pretvaračkih stanica. Nadalje je manja vjerojatnost nastajanja kvarova, jer ima manje kabela. Kabele za izmjeničnu struju trebalo bi položiti u većoj međusobnoj udaljenosti, te bi zauzeli po širini kanala 2 milje, a kako na tom mjestu već postoji veliki broj telekomunikacionih kabela, to bi došlo do pomanjkanja prostora na morskom dnu. Osim toga smanjuju se poteškoće za održavanje frekvencije u obim zemljama kod spoja istosmjernom strujom. Mana je istosmjernog kabela, da utječe na magnetske kompase brodova. Kod kabela za Gotland ova smetnja nije imala praktičnih posljedica, jer je položen u smjeru istok-zapad. Zato je tamo bio dovoljan jednopolni kabel, a za povrat je služilo more. Međutim kabel kroz kanal La Manche položen je od sjevera prema jugu i vrlo bi smetao plovidbi, kad bi bio izveden samo s jednim jednopolnim kabelom. Stoga su položena dva kabela, ali jedan tik uz drugi, tako da se njihova magnetska polja međusobno kompenziraju.

Prednost je ove veze za obje zemlje u tome, što se njihove elektroprivrede razlikuju kako u pogledu izvora energije, tako u strukturi potrošnje. Vršna opterećenja nastupaju u obim zemljama u različito vrijeme. Dok se u Engleskoj energija proizvodi skoro samo u termoelektranama (osim u Sjevernoj Škotskoj, gdje su pretežno hidroelektrane), proizvodnja energije u Francuskoj je podijeljena po pola između termoelektrana i hidroelektrana. Vodene snage su koncentrirane na jugu, na gornjoj Rajni, Rhoni, Duranci, Garonni, Dordogni i gornjoj Loiri, nadalje u zapadnim Alpama, Pirenejima i Centralnom masivu. Termoelektrane se nalaze u blizini sjevernih nalazišta ugljena. Zbog slabe kvalitete ugljena znatno je jeftinija hidroenergija.

I zemni plin se koristi za proizvodnju energije. Trećina zemnog plina u Lacqu je rezervirana za proizvodnju energije. Elektrana na pogon zemnim plinom je u pogonu kod Nantesa, a tri daljnje elektrane su projektirane, od toga jedna u Montereau, južno od Parisa. Točna kalkulacija je pokazala, da će biti jeftiniji transport zemnog plina pomoću plinskog cjevovoda (»pipe-line«) od Lacqa do Parisa od transporta iste količine energije električnim prijenosom. Ovo je vrlo značajno, jer većina stručnjaka tvrdi, da je prijenos velikih količina energije na takve udaljenosti jeftiniji od transporta ugljena ili plina i da je samo transport ulja za loženje još jeftiniji od transporta električne energije. Zbog mogućnosti prijenosa zemnog plina iz Sahare u Francusku usporeno je zasada projektiranje elektrane, koja koristi plimu i osjeku kao pogonsko sredstvo u zaljevu Rance i kod Mont-St-Michela. U Marcouleu u južnoj Francuskoj proizvodi se plutonij u tri reaktora tipa *Calder-Hall* i pri tom se proizvodi električna energija kao nusprodukt. *Électricité de France* (EdF) sada gradi dvije atomske elektrane s istim tipom reaktora u Chinonu na donjoj Loiri. Atomska elektrana od 60 MWel treba da se dovrši još ove godine, dok će druga od 170 MWel biti dovršena koncem 1961. *EdF* planira da pusti u pogon do 1966. daljnje atomske elektrane s ukupno 850 MWel, ali sve atomske elektrane imaju pokusni karakter. Istovremeno će već biti u pogonu samo u Engleskoj i Walesu (bez Škotske) sedam velikih atomskih elektrana s ukupno više od 3000 MWel.

U godini 1957. iznosio je ukupni potrošak energije u Francuskoj 57,7 TWh (milijardi kWh), dok je 1958. iznosio 62,2 TWh, dakle za 7,8 % više. Prirast u Velikoj Britaniji bio je te godine jednako velik. Prirast prethodnih godina prikazan je u tablici.

Godina	u Francuskoj	u Vel. Britaniji
1955.	9,4 %	11,8 %
1956.	8,8 %	9,4 %
1957.	8,5 %	6,7 %

U deceniju 1948—1958. iznosio je prirast u Francuskoj 111,5 %. Unatoč tome su kvote potroška i najveće snage po stanovniku u Francuskoj niže nego u Velikoj Britaniji. Akumulacija s pumpnim postrojenjima primjenjuje se samo rijetko u Francuskoj, dok se u Sjevernom Walesu (u vezi s atomskom elektranom) gradi sada akumulacija sa snagom pumpi od 300 MW, koja je dimenzionirana za 1000 sati iskorištenja godišnje.

EdF pokušava prilično kompliciranim tarifnim mjerama bolje izjednačiti krivulju ukupnog opterećenja i time poboljšati faktor opterećenja. Tako na primjer vrijedi zimska radna tarifa samo četiri mjeseca od 1. studenog do 1. ožujka i sadrži tri satna razdoblja u radnom danu i to:

veliko opterećenje	7—9 sati i 17—19 sati;
međuopterećenje	6—7 sati, 9—17 sati i 19—22 sata;
slabo opterećenje	22—6 sati.

Ova podjela sati je različita u pojedinim dijelovima Francuske. U nedjelju se računa cijeli dan kao slabo opterećenje. I tarifa za kućanstvo je različita prema godišnjem doba.

K. F.

Elektroprivreda u SSSR

Instalirana snaga svih elektrana u SSSR početkom 1960. iznosila je 59,2 milijuna kW, a bila je povećana u odnosu na prethodnu godinu za 5,5 milijuna kW i to za 3,75 milijuna kW u termoelektranama, a 1,75 milijuna kW u hidroelektranama. Zakašnjela dobava električne opreme uzrokovala je, da velike elektrane nisu pravovremeno puštene u pogon. Tako je na primjer zbog zakašnjelih građevinskih i montažnih radova u hidroelektrani Staljingrad izgubljeno 1350 milijuna kWh. Poteškoće u dobavi uzrokovale su također, da je 65 % predviđenih novih kapaciteta elektrana ušlo u pogon tek u posljednjem kvartalu 1959.

U 1959. bila je planom predviđena proizvodnja od 220 milijarda kWh, a ostvareno je 264 milijarda kWh, te je prirast u odnosu na 1958. iznosio 12,2 %. Time je prekoračen plan za 2,4 %. Od proizvodnje otpalo je na termoelektrane 216,4 milijarda kWh (188,9), a na hidroelektrane 47,6 milijarda kWh (46,5). Proizvodnja energije u termoelektranama porasla je znatno brže (14,6 %) nego u hidroelektranama (2,3 %). Suša u promatranoj godini prisilila je, da se više iskoriste termoelektrane. Od 264 milijarda kWh 87 % (230 milijarda kWh) proizvedeno je u elektranama povezane mreže. Preostale 34 milijarde kWh proizvedene su u industrijskim elektranama i elektranama za električnu vuču.

Naročito brzo su se razvile toplane. Proizvodnja topline u toplanama javne proizvodnje iznosila je u promatranoj godini 125,2 milijuna Mkcal, a to je za 14,5 % (15,9 milijuna Mkcal) više nego u prethodnoj godini. Toplane su izgrađene prema planu, ali je zakasnila dobava cijevi za izgradnju razvodne mreže, tako da su neke nove toplane bile samo nepotpuno iskorištene.

U elektranama upotrebljeno je kao pogonsko gorivo u 66 % ugljen, u 14 % plin, u 10 % mazut, u 9 % treset i u 1 % uljni škriljevac. Nalazišta ugljena u Sibiru još se zasada malo iskorišćuju. 34 % ugljena upotrebljenog u elektranama je iz donskog područja, 23 % manje vrijednog ugljena je s područja Urala, a samo 13 % ugljena je iz dnevnog kopa. Specifična količina topline za jedan proizvedeni kilovatsat iznosila je za elektrane 3346 kcal.

Gradnja vodova je dobro napredovala, iako je u usporedbi s elektranama u zaostatku. U pogon je stavljeno ukupno 12 500 km novih vodova napona između 110 i 500 kV. Od toga je bilo 5000 km vodova napona 220 kV i 3300 km vodova napona 110 kV. Znatni napredak u izgradnji povezane mreže predstavlja stavljanje u pogon prvog voda napona 500 kV, koji spaja hidroelektranu Staljingrad s Moskvom.

Vodovima napona 400 do 500 kV između hidroelektrane Kujbišev i Moskve s jedne strane i južnog Urala s druge strane sada su povezane tri najjače mreže SSSR-a. Međutim je još vrlo slabo povezana hidroelektrana Staljingrad s industrijskim revirom Ukrajine. Ovo će se poboljšati tek, kad se pusti u pogon istosmjerni visokonaponski vod koji će povezivati Staljingrad s područjem Dona, a koji će imati prijenosnu snagu od 750 MW. Na postojeću povezanu mrežu će se priključiti 25 okružnih mreža u godini 1960/61. s godišnjom proizvodnjom od oko 130 milijarda kWh. To će omogućiti prestanak rada izvjesnog broja malih neekonomičnih elektrana, koje su dosad nepovoljno utjecale na energetsku bilancu SSSR-a.

U 1959. postignut je napredak u projektiranju. Uglavnom su završeni studijski radovi na parnim turbinama i generatorima snage 150 do 200 MW. Također su razrađeni projekti za pripadajuće kotlove s učinom od 500 i 640 t/h, koji kao gorivo koriste plin, mazut ili ugljen. Za ove agregate predviđeno je stanje pare od 140 ata i 565° C. Ispitivanja su vršena i za 300 MW s kotlom od 950 t/h. Ove velike snage predviđene su za elektrane veličine do 2400 MW.

U 1960/61. predviđa se završetak izvjesnog broja termoelektrana i hidroelektrane Staljingrad i stavljanje u pogon drugog voda napona 500 kV Staljingrad—Moskva. Ukupni prirast snage elektrana kretat će se oko 6000 MW.

Ka. Fi.

Kratak prikaz talijanske elektroprivrede u godini 1960.

Proizvodni kapaciteti

Opskrba Italije električnom energijom bazira prvenstveno na proizvodnji hidroelektrana, iako je u posljednjih 10 godina termoenergija sve jače zastupana u ukupnoj strukturi proizvodnje. Godine 1949. otpalo je 86 % instalirane snage na hidroelektrane, dok se u godini 1960. taj procenat smanjio na 72 %. Tendencija sve većeg učešća termoelektrana vidljiva je i iz činjenice, da se koncem godine 1960. nalazilo u izgradnji 1566 MW snage termoelektrana, prema 1270 MW hidroelektrana.

Vrst elektrane	Instalirana snaga					
	Stanje krajem 1960.		U izgradnji		Ukupno	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidroelektrane	12.614	72	1.270		13.844	68
Termoelektrane	5.020	28	1.566		6.586	32
Sveukupno	17.634	100	2.836		20.470	100

Takva preorijentacija je sasvim razumljiva. Budući da je ekonomski iskoristivi hidropotencijal iskorišten sa preko 80 %, to su izgrađene sve povoljne dionice, pa preostali dio iziskuje vrlo visoke troškove investicija. Usprkos izgradnji termoelektrana najmodernijeg tipa, kojima prosječni utrošak topline po kWh na pragu elektrane iznosi ispod 3 000 kcal (preko 50 % kapaciteta), specifični troškovi izgradnje hidroelektrane iznose približno tri puta više nego izgradnja termoelektrane iste snage. Pored toga je, bez obzira na činjenicu da zbog velike mogućnosti akumuliranja energije u sezonskim akumulacijama termoelektrane proizvode temeljnu energiju, dobivena veća sigurnost proizvodnje za vrijeme loših hidroloških godina. Talijanska elektroprivreda je međutim, zbog pomanjkanja domaćih goriva, postala djelomično ovisna o uvozu ugljena i nafte.

Specifičnost talijanske elektroprivrede predstavljaju tzv. geotermičke elektrane, koje iskorištavaju vodenu paru, što izlazi iz zemlje u području Lardarello. Ove elektrane koriste se maksimalno, te iskorištenje njihovih snaga iznosi preko 7.500 sati godišnje.

U godinama 1962. do 1964. trebale bi biti dovršene tri atomske elektrane koje će proizvoditi 3 600 GWh godišnje. Jedno postrojenje od 165 MW gradi »Società Elletronucleare Italiana« (SELNI) u sjevernoj Italiji, drugo od 150 MW na ušću Garigliana »Società Elletronucleare Nazionale« (SENN), a treće od 200 MW, »AGIP-Nucleare« u Latini.

Hidroelektrane

Godine 1960. bilo je u pogonu 2.699 hidroelektrana, a njihova je snaga teritorijalno bila raspodijeljena kako slijedi:

Potrošačka grupa	Maksimalno moguća snaga		Mogućnost proizvodnje u prosječnoj godini	
	MW	%	GWh	%
Sjeverna Italija	8.102	75	28.557	76
Srednja Italija	1.193	11	4.476	12
Južna Italija	1.325	12	4.048	11
Sicilija i Sardinija	202	2	435	1
Ukupno	**10.822**	**100**	**37.516**	**100**

Proizvodnja električne energije organizirana je preko četiri velike grupe proizvođača, pa je raspodjela, prema tom kriteriju slijedeća:

Potrošačka grupa	Maksimalno moguća snaga		Mogućnost proizvodnje u prosječnoj godini	
	MW	%	GWh	%
Elektrokomerc. poduzeća	8.639	80	28.700	76
Komunalna poduzeća	855	8	2.855	8
Industr. samoproizvođači	1.125	10	5.081	14
Državne željeznice	203	2	880	2
Ukupno	10.822	100	37.516	100

S obzirom na veliku mogućnost akumuliranja energije u sezonskim akumulacijama, izgrađeno je do kraja 1960. ukupno 318 brana i 4.588 milijuna m³ zapremnine akumulacije, što odgovara sadržaju enrgije od oko 6 milijardi kWh. Pored toga nalazi se u izgradnji ili tik pred izgradnjom 86 brana za akumulacije od 2900 milijuna m³ vode.

Termoelektrane

Teritorijalno i organizaciono su u godini 1960. termoelektrane bile raspodijeljene ovako:

Područje	Maksimalno moguća snaga	
	MW	%
Sjeverna Italija	2.223	51
Srednja Italija	1.161*	27
Južna Italija	475	11
Sicilija i Sardinija	488	11
Ukupno	4.347	100

* uključene i geotermičke elektrane

Potrošačka gruga	Maksimalno moguća snaga	
	MW	%
Elektrokomerc. poduzeća	3.022	70
Komunalna poduzeća	121	3
Industr. samoproizvođači	1.194	27
Ukupno	4.347	100

Proizvodnja i potrošnja

Energetske bilance za 1959. i 1960. glase:

	1959.		1960.	
	GWh	%	GWh	%
Proizvodnja hidroelektrana	38.398	78	46.153	82
Proizvodnja termoelektrana*	10.592	22	10.100	18
	49.350	100	56.253	100
Međudržavna razmjena	+ 189		— 103	
Raspoloživo za potrošnju	49.539		56.150	

* uključena je i proizvodnja geotermičkih elektrana

Struktura potrošnje dana je slijedećim prikazom:

	1959.		1960.	
	GWh	%	GWh	%
Industrija	28.000	57	33.000	59
Saobraćaj	2.800	6	3.200	5
Široka potrošnja	10.600	21	11.500	20
	41.400	84	47.700	84
Gubici prijenosa i razvoda	8.139	16	8.450	16
Raspoloživo	49.539	100	56.150	100

Porast ukupne proizvodnje električne energije u 1960. prema 1959. iznosi 13 %. Time je postignuta prosječna proizvodnja po stanovniku od 1.100 kWh/god., čime se Italija približava srednje-evropskom prosjeku od 1.400 kWh/god. Prema predviđanjima taj bi prosjek trebao biti ostvaren godine 1964, jer potrebe za tu godinu iznose preko 70 milijardi kWh. Iz podatka prosječne proizvodnje po stanovniku od 500 kWh/god. u 1950. možemo zaključiti, da se u Italiji i za drugu desetljetku predviđa udvostručenje potrošnje električne energije. Računa se, da bi se za ostvarenje tog cilja moralo utrošiti po 275 milijarda lira u 1961. i 1962., a u periodu do 1970. prosječno po 350 milijarda lira godišnje. Navedeni troškovi investicija odnose se samo na izgradnju elektroenergetskih postrojenja za javnu opskrbu (bez industrijskih elektrana).

Literatura

Quaderni e notizie, br. 343, juli 1961.
ÖZE, br. 10. oktobar 1961.
Annual Bulletin of Energy for Europe, 1960, UN, Geneve 1961.

Lj. Wipplinger

Elektroprivreda Belgije u godini 1960.

U 1960. Belgija je doživjela jaki ekonomski razvoj uz približno stabilne cijene. Godišnji izvještaj Federacije proizvođača i distributera električne energije u Belgiji (Fédération professionelle de producteurs et distributeurs d'électricité de Belgique) daje pregled o stanju i tendencijama razvitka belgijske elektroprivrede.

Industrija u Belgiji konzumira 78 % ukupne električne energije, te je stoga potrošnja ovisna o industrijskom razvoju odnosno konjunkturi. Zbog poteškoća s prodajom ugljena opala je potrošnja električne energije u rudnicima ugljena za oko 5 %. Rudnici ugljena učestvuju sa 16% na ukupnoj industrijskoj potrošnji električne energije. Ostala belgijska industrija povećala je potrošnju za 11 % prema prethodnoj godini.

Skoro neovisno o ekonomskoj situaciji stalno raste potrošnja u kućanstvu i zanatstvu, te je u 1960. povećana za 13 %. Srednje godišnje povećanje potrošnje u kućanstvu i zanatstvu iznosilo je 4,4 % u razdoblju 1948/55, dok je u razdoblju 1955/60 poraslo na 8,2 %.

Unatoč štrajkovima koncem 1960. porasla je cjelokupna potrošnja u 1960. za 7,9 %, dok je u prethodnoj godini porasla samo za 4,3%.

	1959	1960	
	GWh	GWh	promjene
A) Predana energija na niskonaponskoj strani			
Rasvjeta u kućanstvu i zanatstvu uključivši ostale primjene u kućanstvu	1602		
Javna rasvjeta i javne zgrade	201		
Motori u zanatstvu	78		
Ukupno na niskonaponskoj strani	1881	2107	12,0 %
B) Predana energija na visokonaponskoj strani			
Industrija	9631	10385	7,8 %
Željeznice	627	613	—2,2 %
Rasvjeta	229	241	5,5 %
Ukupno na visokonaponskoj strani	10487	11239	7,2 %
Ukupna zemaljska potrošnja	12368	13346	7,9 %

Najveći potrošači električne energije u belgijskoj industriji su rudnici ugljena, koksare i postrojenja za proizvodnju čelika (visoke peći, čeličane i valjaonice); njihova potrošnja iznosi 4032 milijuna kWh ili skoro 40 % cjelokupne industrijske potrošnje.

Specifična potrošnja po stanovniku iznosi u Belgiji 1462 kWh, dok je u prethodnoj godini bila 1362 kWh, a 640 kWh u 1939. Od 1462 kWh u 1960. otpada samo 231 kWh na kućanstvo i zanatstvo, 67 kWh na željeznice, a 1164 kWh na industriju (uključivši rasvjetu na visokonaponskoj strani).

Gubici prijenosa i transformacije iznosili su 705 GWh 1959., a 810 GWh godine 1960, što je bilo 5,7 % ukupnog bruto-proizvoda električne energije.

Zbog krize na tržištu ugljena skoro se uopće nije uvozio ugljen, nego su elektrane držale na stovarištima stalno velike zalihe ugljena od oko 1,4 milijuna tona, čime je rasterećeno tržište ugljenom; ta je količina omogućila pogon elektrana kroz više od 2 zimska mjeseca. Unatoč velikoj konjunkturi općenito je u Belgiji cijena ugljena i dalje padala zbog poteškoća oko prodaje ugljena. To je omogućilo smanjenje troškova pogonskog goriva elektrana za oko 10 % u usporedbi s prethodnom godinom. Ovu redukciju proizvodnih troškova osjetili su u punoj mjeri i potrošači, jer je cijena električne energije ovisna o cijeni ugljena.

U slijedećoj tablici prikazana je proizvodnja električne energije u ovisnosti od pogonskog sredstva. Iako se nastojalo, da se troši što više domaćeg ugljena, porasla je upotreba nafte kao pogonskog goriva. Zbog povoljnih klimatskih prilika vodna je energija znatno više sudjelovala nego u prethodnoj godini, ali u cjelini ona ima beznačajan udio u proizvodnji električne energije.

Način proizvodnje i upotrebljeno pogonsko gorivo	1959	1960	
	GWh	GWh	%
A) Termoelektrane			
ugljen	10058	10603	75,1
plinovi	1698	1612	11,5
nafta	1322	1733	12,2
Ukupno	13078	13948	98,8
B) Hidroelektrane	101	171	1,2
Ukupno sve elektrane	13179	14119	100,0

Belgijska elektroprivreda ima svoju osnovu u termoelektranama. Za poboljšanje pokrivanja vršnih opterećenja sada je u razradi projekt za novu elektranu s pumpnom akumulacijom.

U slijedećoj tablici prikazana je podjela godišnje neto-proizvodnje (bez vlastite potrošnje) na pojedine grupe elektrana obzirom na vlasništvo elektrana. Karakteristično je za belgijsku elektroprivredu, da su elektrane pretežno u privatnim rukama i da industrijske zadružne elektrane dobivaju sve više na značenju. Budući da veliki dio električne energije troše rudnici ugljena, koksare i čelična industrija, razumljivo je, da ovi industrijski pogoni pokrivaju vlastite potrebe na električnoj energiji u velikoj mjeri vlastitim ugljenom i vlastitim industrijskim dimnim plinovima.

	1959	1960	
	GWh	GWh	promjene
A) Elektrane opće potrošnje			
Privatne elektrane	7021	7777	10,8 %
Elektrane u javnom vlasništvu	419	472	12,7 %
B) Industrijske elektrane			
Zadružne elektrane	1298	1473	13,5 %
Vlastite elektrane	4441	4397	— 1,0 %
Ukupno sve elektrane	13179	14119	7,1 %

Od ukupne proizvodnje industrijskih elektrana od 5870 GWh otpada samo na vlastite elektrane čelične i ugljene industrije 3372 GWh ili 58 %, a daljnjih 1473 GWh ili 25 % na industrijske zadružne elektrane. Pri tomu najveći dio ovih zadružnih elektrana također pripadaju ugljenoj i čeličnoj industriji, tako da na ovu industriju otpada oko 80 % industrijske proizvodnje električne energije.

Proizvodnja električne energije nije jednoliko podijeljena na 9 belgijskih provincija. Dvije trećine proizvodnje otpada na 3 provincije. U provinciji s najjačom proizvodnjom električne energije stavljene su u pogon u posljednje dvije godine 4 moderne i vrlo ekonomične grupe turbogeneratora snage 115/125 MW, dok je u cijeloj Belgiji danas u pogonu 9 ovako velikih jedinica od 115/125 MW.

Belgija uvozi i izvozi električnu energiju, a Belgijom prolazi i tranzitna energija iz jedne susjedne zemlje u drugu. U 1960. uvezeno je 278 GWh, a izvezeno 241 GWh. Uvoz je bio iz Francuske i Švicarske, gdje je bilo suviška vodne snage, a izvoz je bio u Njemačku i Holandiju.

Najveće opterećenje bilo je u petak 16. prosinca 1960. između 8 i 9 sati, iznosilo je 2603 MW, od čega je 19 MW uvezeno iz inozemstva. Trajanje upotrebe najvećeg opterećenja je oko 5100 sati.

Postoji višegodišnji program za proširenje i obnovu opreme elektrana, po mogućnosti s jednoobraznim materija-

lom. U 1960. stavljene su u pogon 3 daljnje grupe turbogeneratora od 115/125 MW. U 1959. i 1960. stavljeno je u Belgiji u pogon ukupno 740 MW. Ova moderna postrojenja omogućuju sniženje proizvodnih troškova. Istovremeno stavljena su van pogona stara postrojenja snage 137 MW. Za izgradnju elektrana utrošeno je u 1960. oko 1,9 milijardi belgijskih franaka, a za prijenosna i distributivna postrojenja daljnjih 1,8 milijardi belgijskih franaka. Posljednjih godina utrošeno je u Belgiji godišnje prosječno 3,9 milijardi belgijskih franaka za izgradnju u elektroprivredi, što je približno 12 % industrijskih investicija Belgije, odnosno 1 % nacionalnog dohotka. Godišnje se u Belgiji izgrađuje prosječno 445 km visokonaponskih vodova i 960 km niskonaponskih vodova. Osim ovih investicija elektrana dolaze još znatno veći troškovi industrije, zanatstva i kućanstva za razdiobu na strani potrošača.

Za opskrbu potrošača na niskonaponskoj strani postoji mreža dugačka 60 000 km, za koju je utrošeno oko 20 % investicija belgijske elektroprivrede, a kroz koju prolazi samo 10 % ukupne energije. Na visokonaponskoj strani 260 potrošača (sa snagom većom od 1000 kW po potrošaču) troši jednake količine električne energije kao 3 milijuna potrošača na niskonaponskoj strani. Tu je glavni razlog za različito formiranje cijena.

150 kV je najviši napon koji je dosada upotrebljen u Belgiji. Bude li u budućnosti potreban viši napon, prijeći će se direktno od 150 kV na 380 kV, a neće se primijeniti 220 kV, kao što je to u drugim zemljama. Napon od 380 kV je za evropske prilike pogodan za prijenos vrlo velikih snaga u međudržavnoj razmjeni.

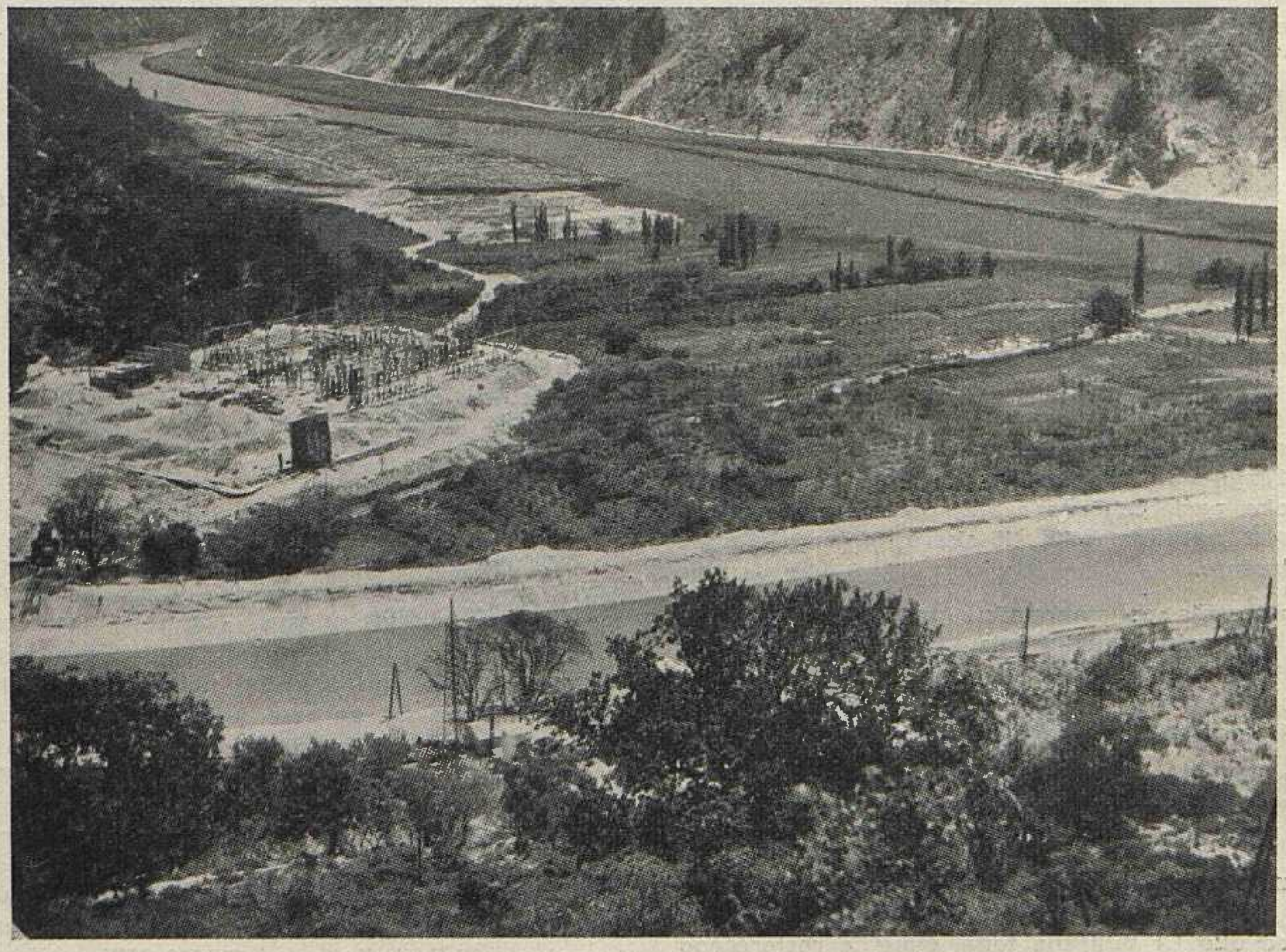
Atomska pokusna elektrana Mol (11 500 kW) još nije stavljena u pogon, jer još nije riješeno zakonodavstvo za osiguranje. Nastavljen je rad na projektu zajedničke velike francusko-belgijske atomske elektrane. To je atomska elektrana sa snagom generatora od 240 000 kW, a momentano je to najveća atomska elektrana sa samo jednim reaktorom koja je u pripremi odnosno gradnji. Osiguranje potrebnih velikih novčanih sredstava nije bilo potpuno riješeno do kraja 1960. U godišnjem izvještaju belgijske elektroprivrede naročito se naglašava, da će troškovi proizvodnje električne energije proizvedene u ovoj atomskoj elektrani biti znatno veći nego što su u termoelektranama. Unatoč tome pripravne su elektrane i industrija koje sudjeluju na ovom projektu, da i u budućnosti ulože znatna novčana sredstva za unapređenje i dalji razvoj na ovom području, koje je od velikog značenja za budućnost.

Zbog ograničenja snaga kratkog spoja prostorno jako koncentrirane belgijske visokonaponske mreže s relativno kratkim vodovima, zaključeno je, da se visokonaponska mreža podijeli na istočni i zapadni prsten.

Razna udruženja elektroprivrede i studijskih biroa planiraju osnivanje Centra za studije i istraživanja belgijske elektroprivrede, koji će koordinirati rad različitih već postojećih istražnih instituta. Reorganiziran je i belgijski komitet za elektrotoplinu i elektrokemiju.

Ministarstvu javnih radova predložena je specijalna tarifa za osvjetljenje javnih puteva. Cijene su vrlo povoljne zbog velikog trajanja upotrebe. Specijalna komisija elektrana razmatra mogućnost upotrebe letećeg pepela, a posebna komisija se bavi unapređenjem elektrifikacije u poljoprivredi.

Ka. Fi.



HE Split – rasklopnica u montaži i odvodni kanal

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ
ZA MJESECE SIJEČANJ I VELJAČU 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. 1961.	70737	17771	1049	15856	197	222	71983	33849	71635	42452	— 9563	210356
4. 1961.	61363	15624	1041	14625	158	216	62562	30456	73910	38684	— 8439	197182
5. 1961.	58448	15824	1499	15054	175	75	60122	30953	57128	59239	— 7484	199958
6. 1961.	46121	14002	1251	16799	173	72	47545	30873	75602	47506	— 4420	197106
7. 1961.	57453	28403	857	14120	173	—	58483	42523	80076	20306	— 2881	198507
8. 1961.	72029	31357	442	17061	163	—	72634	48418	78747	—2367	— 139	197571
9. 1961.	78132	39827	244	19676	109	—	78485	59503	66923	—2444	— 1507	200960
10. 1961.	102605	31949	740	22180	133	—	103478	54129	69343	—5730	— 3351	217869
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	48720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150575	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44413	23802	— 8265	249459
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
Ukupno 1-2. 1962.	323866	32961	3353	31305	36	—	327255	64266	57135	38521	— 8681	478496

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks [1]			Iskorišćenje % [2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	11842	15551	27393	51,5	137,0	79,6	20,0	26,0	—	—
		Gojak	48,0	32053	14296	46349	108,4	118,3	111,1	91,0	43,7	—	—
		Ozalj	5,1	3112	2181	5293	126,4	126,0	126,2	65,4	78,2	—	—
		Kraljevac	67,0	9476	4689	14165	19,4	106,7	152,3	19,0	9,9	—	—
		Peruća	42,0	1996	12156	14152	7,3	58,2	29,3	6,5	40,3	—	—
		Split*	108,0	78118	103518	181636	—	—	—	...	...	—	—
		Manojlovac	20,5	14259	10173	24432	111,0	98,1	105,1	80,0	81,0	—	—
		Jaruga	5,5	3941	3514	7455	95,3	97,2	96,2	98,0	96,8	—	—
	TE	Zagreb	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	15034	17146	32180	123,9	83,9	99,0	50,7	64,1	4060	4015
		Vlaška	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Rijeka	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1449	1338	2787	98,2	97,9	98,7	11,1	11,4	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	380	—	380	49,7	—	49,7	17,0	—	...	...
		Jug. komb., Borovo	6,0	2152	1965	4117	107,1	102,3	105,0	48,2	48,7	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3331	3381	6712	135,4	102,8	116,9	81,5	91,5	...	...

[1] Indeks u ovoj tablici kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na god. 1961 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta
* Proizvodnja HE Split 161278 MWh u 1961.

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Elementi energetske bilance	Siječanj		Veljača		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Siječanj	Veljača	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	171944	59,5	184883	71,6	356827	65,2	104,9	147,3	123,3
Proizvodnja industrijskih elektrana	17547	6,0	17111	6,6	34658	6,4	96,2	94,2	95,2
Proizvodnja lokalnih elektrana	18	0,0	18	0,0	36	0,0	3,8	4,7	4,2
Ukupna proizvodnja na generatoru	189509	65,5	202012	78,2	391521	71,6	103,8	140,2	120,0
Nabava el. en. od susjed. zajednica	99565	34,5	55915	21,8	155480	28,4	121,1	71,2	96,9
Nabava el. en. iz inozemstva	1	0,0	—	—	1	0,0	—	—	—
Ukupno raspoloživa el. energija	289075	100,0	257927	100,0	547002	100,0	109,2	115,7	112,2
Vlast. potr. elektrana u sistemu	3866	1,4	3176	1,3	7042	1,3	191,3	105,5	140,0
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1757	0,6	1713	0,7	3470	0,6	94,0	92,4	93,2
Ukupno raspolož. na pragu elektrana	283452	98,0	253038	98,0	536490	98,1	108,5	116,4	110,0
(Dobava industr. elek. u sistemu)	(714)	(0,2)	(684)	(0,3)	(1398)	(0,3)	(99,4)	(110,2)	(104,3)
(Prag elektrana u sistemu)	(268358)	(92,8)	(238306)	(92,4)	(506664)	(92,6)	(109,7)	(118,0)	(113,6)
Gubici prijenosa u sistemu	5413	1,9	10335	4,0	15748	2,9	43,3	108,5	71,6
Gubici razvoda u sistemu	20331	7,0	12564	4,8	32895	6,0	127,1	115,1	122,7
Gubici razvoda lokal. elektrana	2	0,0	2	0,0	4	0,0	4,3	5,1	4,7
Ukupna predaja el. energ. potrošačima	257706	89,1	230137	89,2	487843	89,2	111,0	116,7	113,6
Od toga:									
Predano susjednim zajednicama	31351	10,8	28474	11,0	59825	10,9	127,7	139,0	133,0
Predano inozemstvu	8266	2,9	416	0,2	8682	1,6	56,4	26,1	53,5
Industrijska vlastita opskrba	15078	5,2	14716	5,7	29794	5,5	96,1	93,6	94,9
Lokalna opskrba	14	0,0	14	0,0	28	0,0	3,7	4,5	4,1
Potrošači u sistemu	202997	70,2	186517	72,3	389514	71,2	114,6	117,1	115,9
Kućanstva (domaćinstva)	50902	25,1	44594	23,9	95496	24,5	119,4	122,8	120,9
Rasvjeta poslovnih prostorija	9302	4,6	8701	4,6	18003	4,6	119,3	120,4	120,0
Rasvjeta društvenih prostorija	2033	1,0	1784	1,0	3817	1,0	115,0	107,1	111,1
Motori i aparati	8540	4,2	7871	4,2	16411	4,2	120,5	113,4	117,0
Poljoprivredni motori	659	0,3	643	0,3	1302	0,3	88,0	85,3	86,7
Javna rasvjeta	3811	1,9	3515	1,9	7326	1,9	116,3	119,4	117,7
Preprodavaoci	1393	0,7	1263	0,7	2656	0,7	83,2	93,7	87,9
Ukupna potrošnja na malo	76640	37,8	68371	36,6	145011	37,2	118,0	119,3	118,6
Vodovod	4544	2,2	4084	2,2	8628	2,2	119,5	112,6	116,1
Gradska električna vuča	2266	1,1	2063	1,1	4329	1,1	122,8	113,2	118,4
Ukupna komunalna velepotrošnja	6810	3,3	6174	3,3	12957	3,3	120,7	112,9	117,0
Ugljenokopi	7394	3,6	6480	3,5	13874	3,6	92,0	101,4	96,0
Tvornice cementa	8550	4,2	7632	4,1	16182	4,2	109,2	101,7	105,5
Ostala opća velepotrošnja	49197	24,3	49453	26,5	98650	25,3	114,7	118,0	116,4
kod elektrokemije	(1239)	(0,6)	(1173)	(0,6)	(2412)	(0,6)	(109,3)	(117,6)	(113,3)
kod elektrometalurgije	(1844)	(0,9)	(1944)	(1,0)	(3788)	(1,0)	(104,4)	(109,0)	(106,7)
kod ostalih	(46114)	(22,8)	(46336)	(24,9)	(92450)	(23,7)	(115,0)	(118,8)	(116,9)
Ukupna ostala velepotrošnja	65141	32,1	63565	34,1	128706	33,1	110,6	114,0	112,3
Karbid	13941	6,9	12797	6,9	26738	6,9	112,0	104,1	108,0
Aluminij	15999	7,9	14160	7,6	30159	7,7	126,7	118,1	122,7
Ostala elektrokemija	3524	1,7	3023	1,6	6547	1,7	97,0	95,5	96,4
(Ukupno elektrokemija)	(33464)	(16,5)	(29080)	(16,1)	(63444)	(16,3)	(116,7)	(109,2)	(113,0)
Ferolegure el. metalurgije	15310	7,5	13202	7,0	28512	7,3	116,5	174,9	138,0
Elektrotoplina	2811	1,4	2520	1,4	5331	1,4	91,2	85,1	88,4
Željeznička električna vuča	2589	1,3	2562	1,4	5151	1,3	106,7	95,2	100,5
Melioracije	232	0,1	170	0,1	402	0,1	76,3	149,1	96,3
Ukupna specijalna velepotrošnja	54406	26,8	48434	26,0	102840	26,4	114,3	118,8	116,2

Struktura potrošnje u sistemu = 100 %
Ukupna predaja potrošačima u sistemu

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		B i H		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	1. 1962.	856	541	315	157	15	53	122	137	117	116	56	27	4	51	1
	2. 1962.	784	482	302	167	18	59	100	81	130	104	48	27	5	44	1
Indeks na bazi	1. 1961.	111	97	149	104	116	87	138	97	157	77	164	89	615	216	189
	2. 1961.	114	118	109	160	82	110	114	80	107	114	107	93	867	146	190

Proizvodnja ugljena za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sopač

	Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Siječanj	Veljača	Od početka godine	Siječanj	Veljača	Od početka godine
	a	1	2	3	4	5	6
	Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	67520	66420	133940	126,0	93,9	107,8
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	5800	5652	11452	93,6	104,7	98,8
	Rudnik Pregrada	4791	5600	10391	104,3	118,5	111,5
	Ostali	4069	4059	8128	96,5	103,7	99,9
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	13402	15586	28988	90,5	89,1	89,7
	Dalmacija: Rudnik Siverić	10643	9885	20528	119,3	103,7	111,3
	Ostali	619	596	1215	128,9	108,3	117,9
	Ostala područja	3199	4134	7333	78,5	103,7	90,8
	Ukupno mrki	42523	45512	88035	98,2	99,8	99,0
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-ladanjski ugljen.	34126	29949	64035	104,6	87,6	95,9
	Konjščinski ugljenokopi	20210	23362	43572	73,6	91,9	82,4
	Stubički ugljenokopi	11321	10164	21485	82,9	82,6	82,8
	Ostali	2378	2230	4608	103,3	96,9	100,1
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	7587	8708	16295	93,9	72,6	80,9
	Križevački ugljenokopi	2800	2940	5740	61,3	73,5	67,0
	Ostali	6919	7323	14242	84,9	94,3	89,5
	Ostala područja	803	950	1753	85,8	96,5	91,3
	Ukupno lignit	86144	85626	171770	88,1	86,4	87,3
	Ukupno sve vrste ugljena	196187	197558	393745	100,8	91,7	96,1

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	1. 1962.	1994	103	770	1121	624	196	404	745	0,8	25,1	96	1,6
	2. 1962.	1957	103	770	1084	556	198	416	765	0,8	21,7	86	1,5
Indeks na bazi	1. 1961.	103	108	100	113	113	101	100	98	67	119	102	114
	2. 1961.	98	90	96	99	97	92	103	97	73	94	101	107

Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1962.

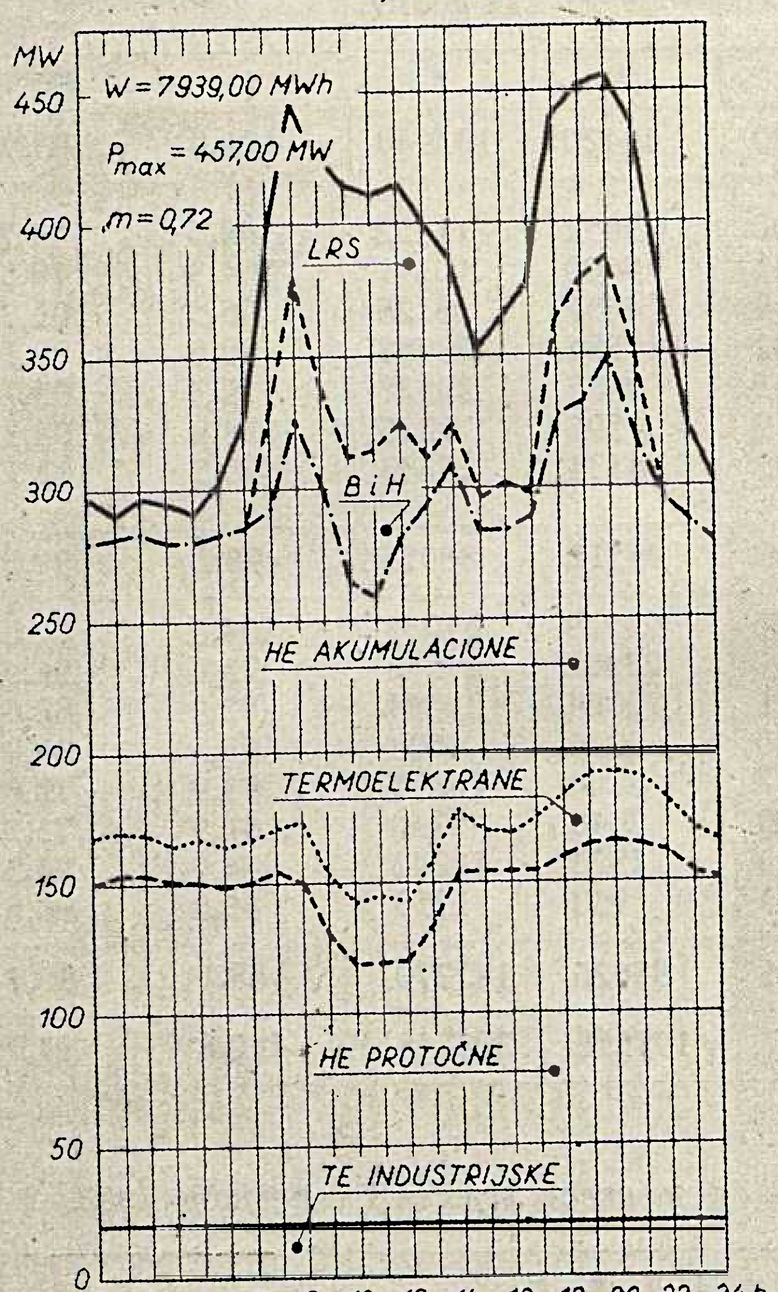
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čad
		t	1000 m³	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	1. 1962.	108828	6433	124374	24713	709	4765	35828	7616	340
	2. 1962.	108828	9053	118407	22998	1608	4027	35400	9748	301
Indeks na bazi	1. 1961.	117	106	121	105	102	97	140	134	103
	2. 1961.	124	172	114	97	158	87	136	180	88

Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece siječanj i veljaču 1962.

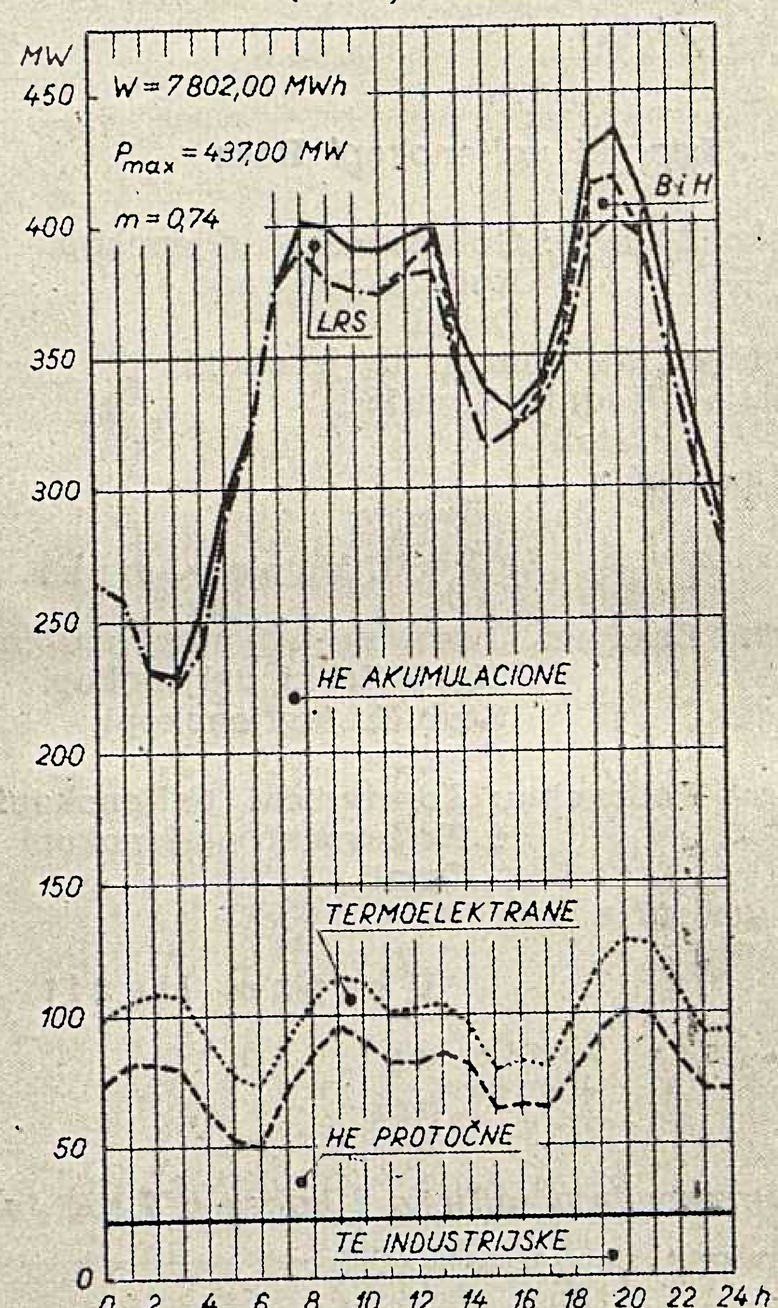
Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
1. 1961.	85	82	86	88	88	72	75	72	87	88
2. 1961.	89	86	91	93	90	82	83	83	91	89
1. 1962.	92	88	93	96	95	94	114	75	95	96
2. 1962.	93	88	93	97	94	90	104	81	95	96

PO IZVORIMA ENERGIJE

SRIJEDA, 17. 1. 1962.

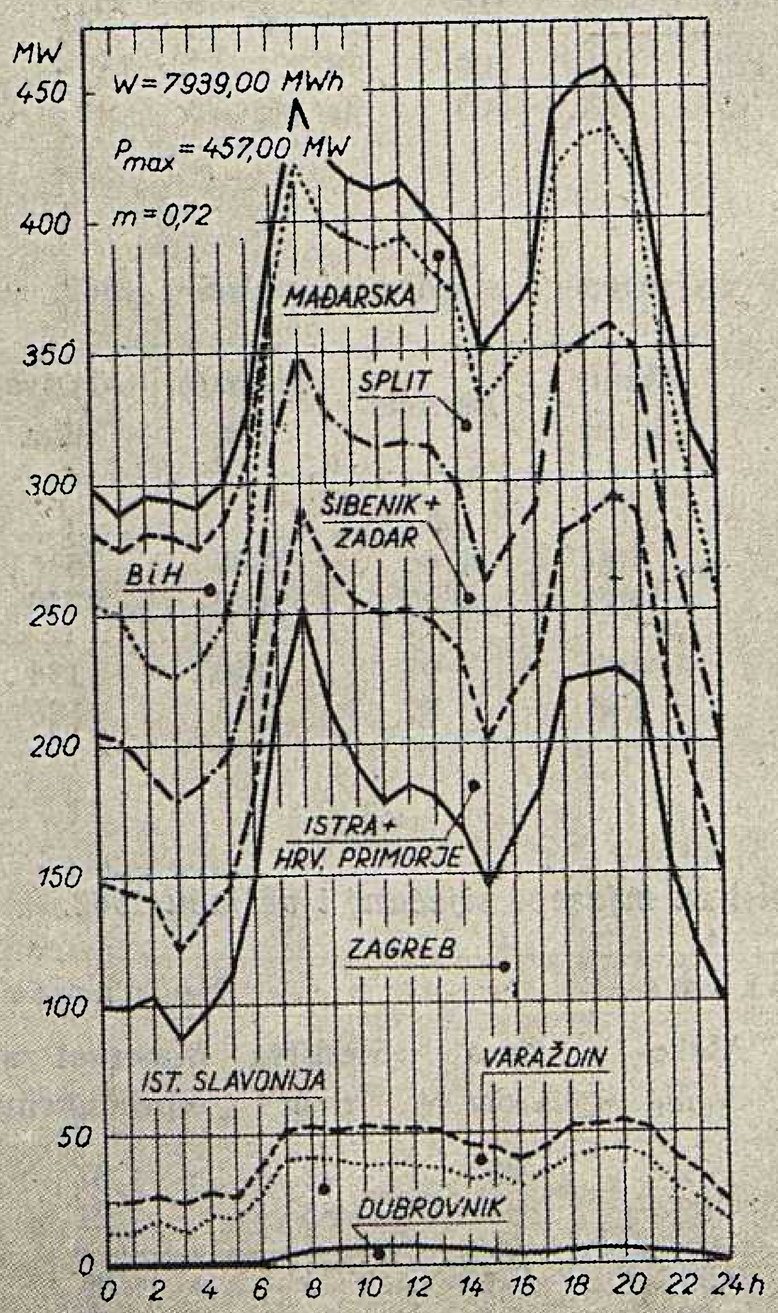


SRIJEDA, 21. 2. 1962.

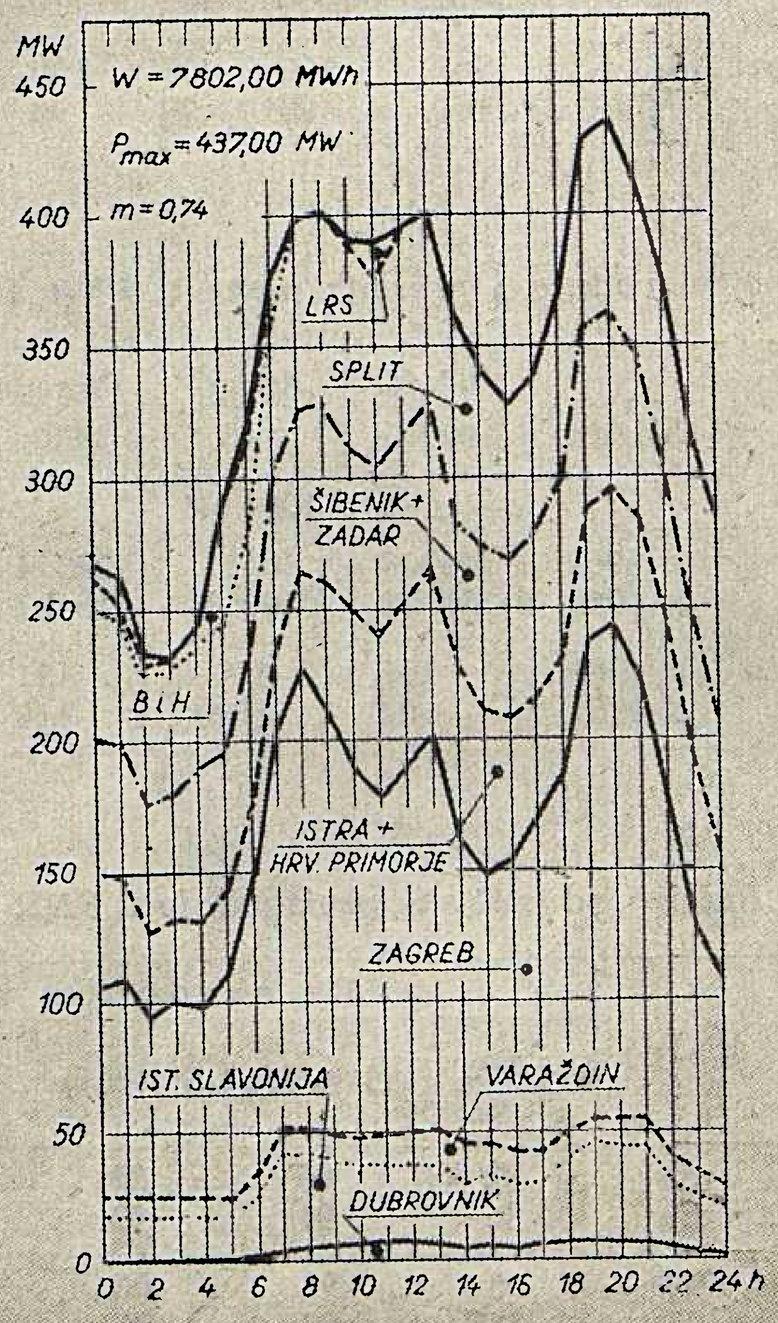


PO KONZUMNIM PODRUČJIMA

SRIJEDA, 17. 1. 1962.

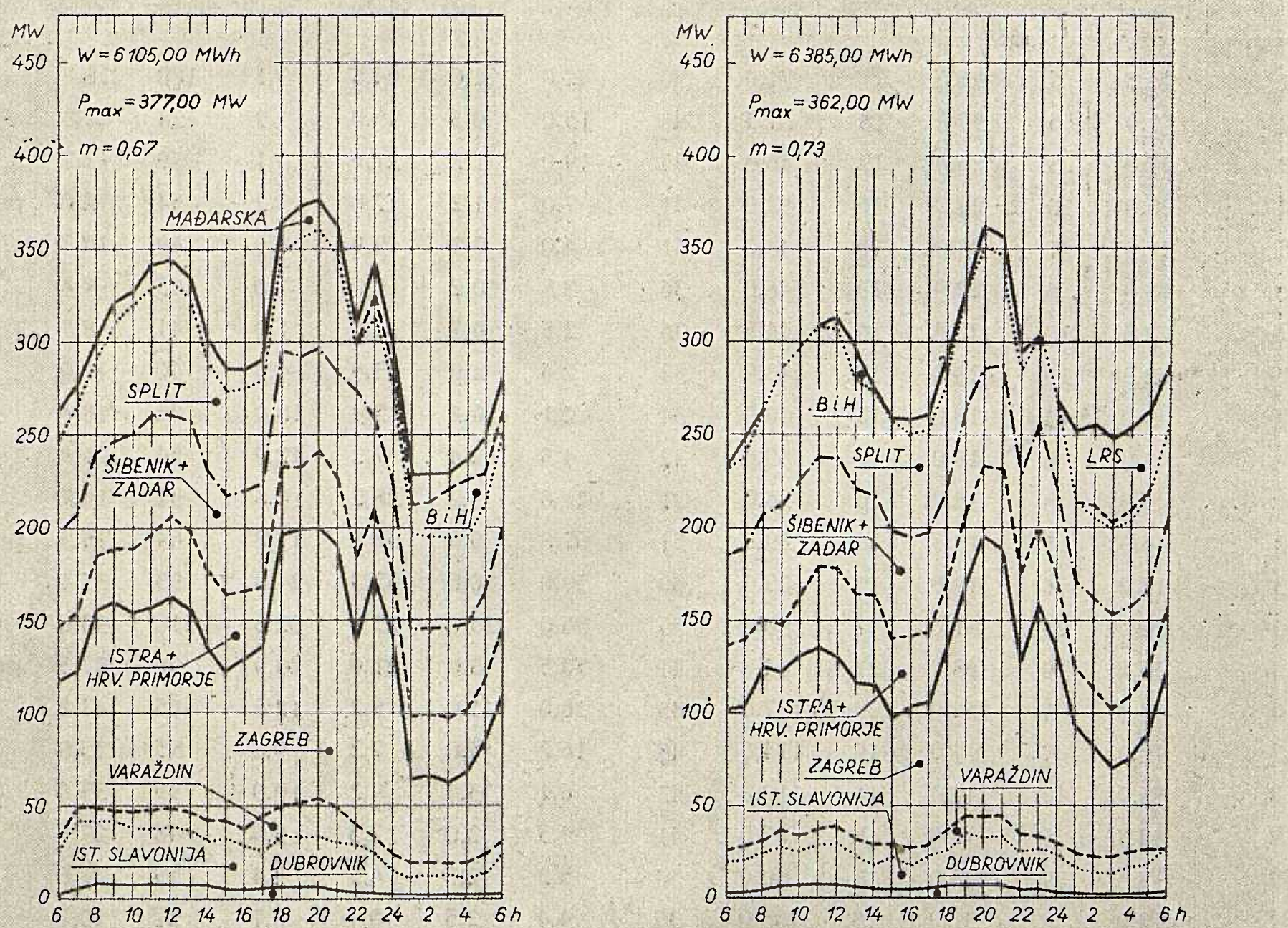


SRIJEDA, 21. 2. 1962.

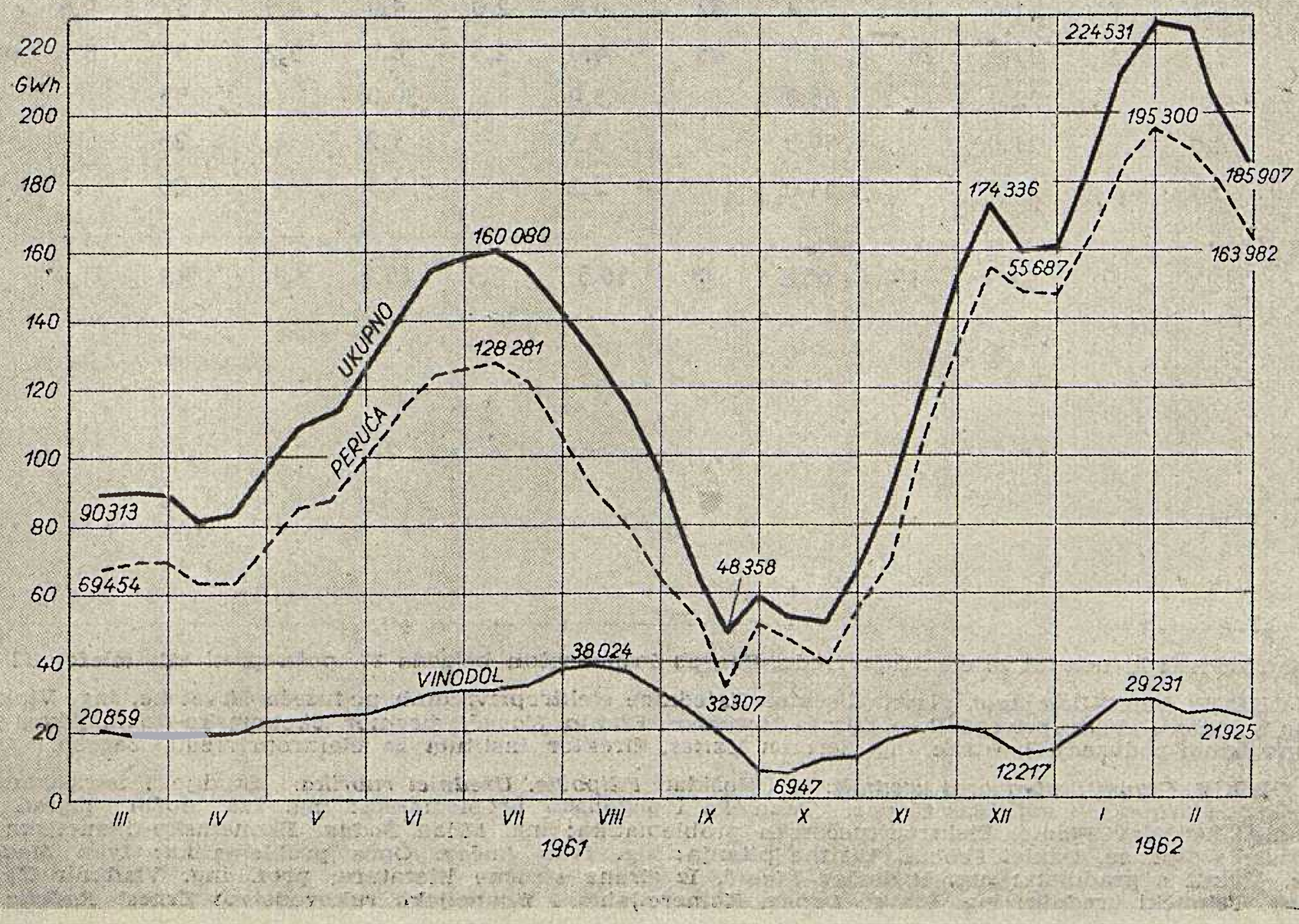


TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 25. 1. i 25. 2. 1962.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA

PO KONZUMNIM PODRUČJIMA



AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece siječanj i veljaču 1962.

Datum	Cetina		Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežnica-Dobra		Kupa	
	Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	m³/sek		m³/sek		m³/sek		MW		MW		MW		MW	
	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača	Siječanj	Veljača
1	48,7	6	35,0	21	71,0	50	42,0	2,0	64,5	3,1	180	18,8	3,5	3,4
2	51,0	6	30,0	18	61,5	48	15,0	0,3	35,0	1,9	124	24,3	3,0	1,8
3	31,0	5	26,0	19	56,0	45	19,0	1,2	21,0	2,1	79	13,7	4,0	2,4
4	20,0	10	24,0	16	52,0	41	7,0	1,2	12,0	3,2	54	272,0	preljev	2,4
5	21,0	7	23,0	16	48,0	41	4,0	0,3	7,9	1,9	49	10,7	„	2,0
6	18,0	6	22,0	16	46,0	36	3,8	0,2	5,7	1,0	45	9,4	„	2,1
7	2,3	17	20,8	16	44,7	36	2,5	0,7	4,1	1,0	41	8,7	4,1	2,3
8	2,0	19	20,0	16	43,0	33	2,6	2,0	3,9	4,0	40	10,9	3,5	2,0
9	3,0	15	18,0	15	40,0	34	2,1	10,4	2,4	18,0	36	18,8	2,9	3,0
10	3,0	8	18,0	16	39,6	32	4,3	2,4	7,2	12,9	34	21,9	2,8	preljev
11	3,0	8	18,0	16	36,0	31	21,6	3,2	28,2	6,8	37	16,7	3,2	4,3
12	6,0	7	18,5	16	39,6	31	67,8	0,8	58,2	11,8	64	15,3	preljev	4,1
13	17,0	6	19,0	15	45,0	30	50,0	10,0	32,3	24,0	93	35,4	4,0	3,5
14	24,0	24	41,0	17	50,0	35	36,0	25,0	25,7	62,3	118	93,6	3,2	4,2
15	35,6	19	48,0	21	84,0	41	50,5	8,0	21,0	20,9	96	57,3	preljev	preljev
16	63,3	7	54,0	20	107,0	43	16,0	5,0	8,2	12,2	65	47,2	„	„
17	70,0	7	44,0	19	114,0	45	16,2	5,0	7,2	9,8	55	35,8	„	4,4
18	58,0	7	44,0	19	110,0	43	6,1	3,3	9,2	10,0	49	33,6	„	4,2
19	34,7	7	35,0	18	87,0	41	3,5	2,0	7,5	5,0	48	27,3	„	3,4
20	18,3	7	33,0	18	80,0	36	5,2	2,3	6,5	2,4	59	21,8	„	3,3
21	12,0	8	31,0	18	68,0	36	4,4	2,5	6,1	2,7	57	20,7	„	3,0
22	10,0	7	26,0	17	65,0	35	4,4	2,2	5,3	2,2	49	17,9	4,5	3,0
23	2,0	7	26,0	17	71,0	33	18,4	1,0	21,9	1,2	60	15,2	4,5	3,0
24	21,7	7	36,0	16	107,0	32	71,0	2,2	12,7	2,2	55	13,8	preljev	3,0
25	6,0	6	28,0	16	46,0	32	10,0	0,8	6,0	1,0	47	6,7	„	2,1
26	4,0	7	24,0	16	96,0	31	6,4	—	7,0	—	42	9,4	4,5	2,0
27	6,3	7	24,0	17	77,0	32	6,8	2,0	4,0	4,5	37	9,6	4,7	2,0
28	2,7	13	22,0	26	74,0	65	4,0	2,3	6,3	5,2	38	8.3	preljev	1,0
29	4,0		22,0		65,0		5,0		30,0		33		„	
30	4,0		21,0		59,0		2,5		1,2		26		3,9	
31	5,7		21,0		54,0		3,2		1,1		26		3,5	
Mjesečni prosjek	19,6	9	28,1	17	65,7	38	16,5	3,5	15,2	8,3	5,9	31,9	1,9	2,6

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53—822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić*, glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat*, tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač*, direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes*, direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti*, ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Sodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Feöcze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 11 (1962) **energija** BROJ 5 — 6

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

UCPTE

UDRUŽENJE ZA KOORDINACIJU PROIZVODNJE I PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZAPADNE EVROPE

Daniel Feöcze, Zagreb

UCPTE je prvo međunarodno udruženje Zapadne Evrope za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije. Osnovano je 23. maja 1951.* u Parizu na preporuku Savjeta ministara OEEC, kao gremij stručnih predstavnika velikih elektroprivrednih poduzeća Austrije, Belgije, Francuske, Italije, Luksemburga, Nizozemske, Švicarske i Zapadne Njemačke te predstavnika njihovih državnih vlasti. Zadatak mu je optimalno iskorištavanje postojećih i budućih elektroenergetskih kapaciteta za proizvodnju i prijenos električne energije na temelju dobrovoljne međudržavne kooperacije. U godini osnutka razmijenjeno je oko 2,8 milijardi kWh. Na kraju 1960. razmijenjeno je unutar UCPTE oko 10 milijardi kWh a s drugim zemljama još oko 1 milijarda kWh. Izraziti izvoznici su Austrija i Švicarska, a glavni uvoznik električne energije je Zapadna Njemačka.

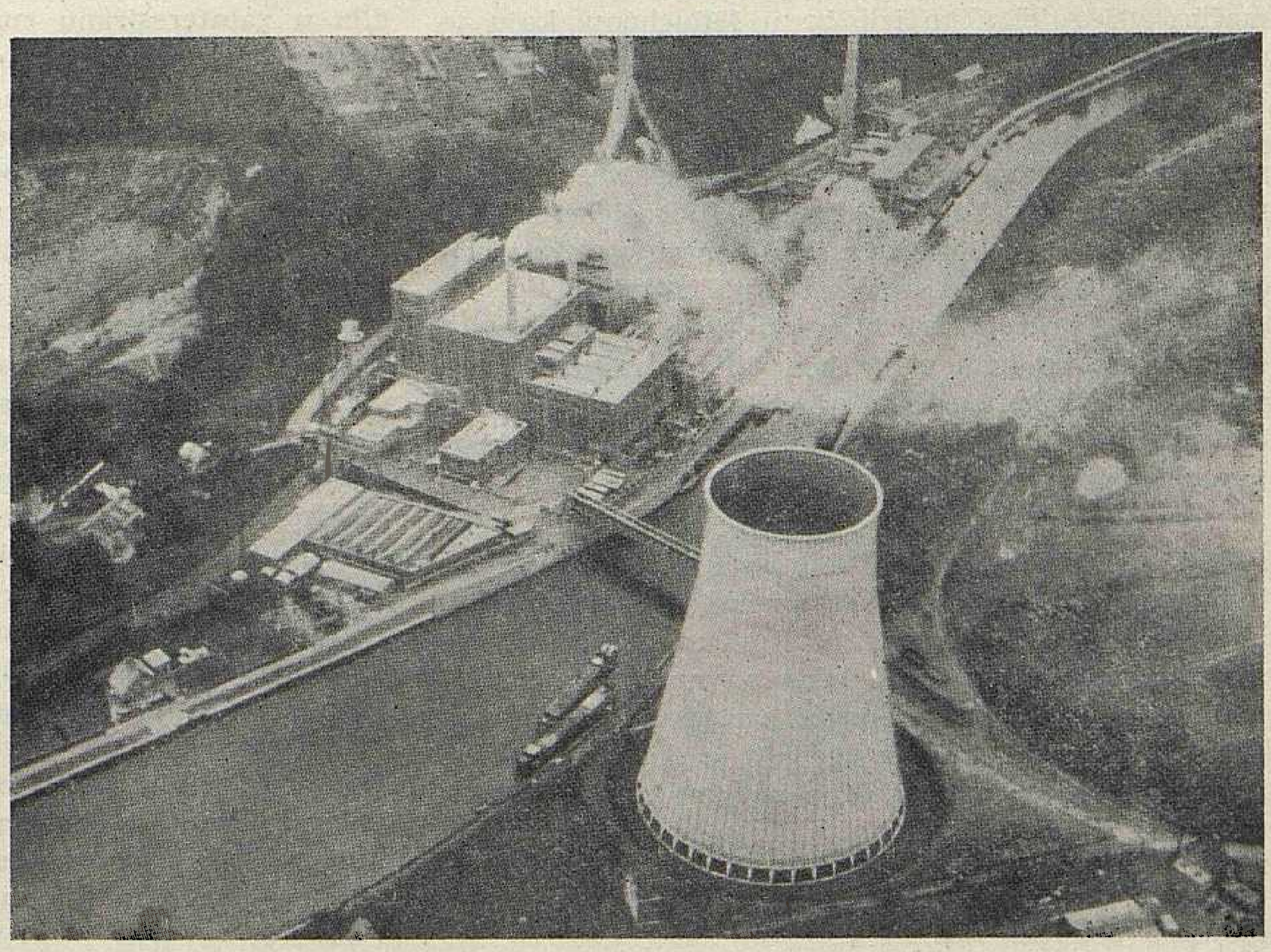
DK 061.1 : 621.31 (100)

1. UVOD

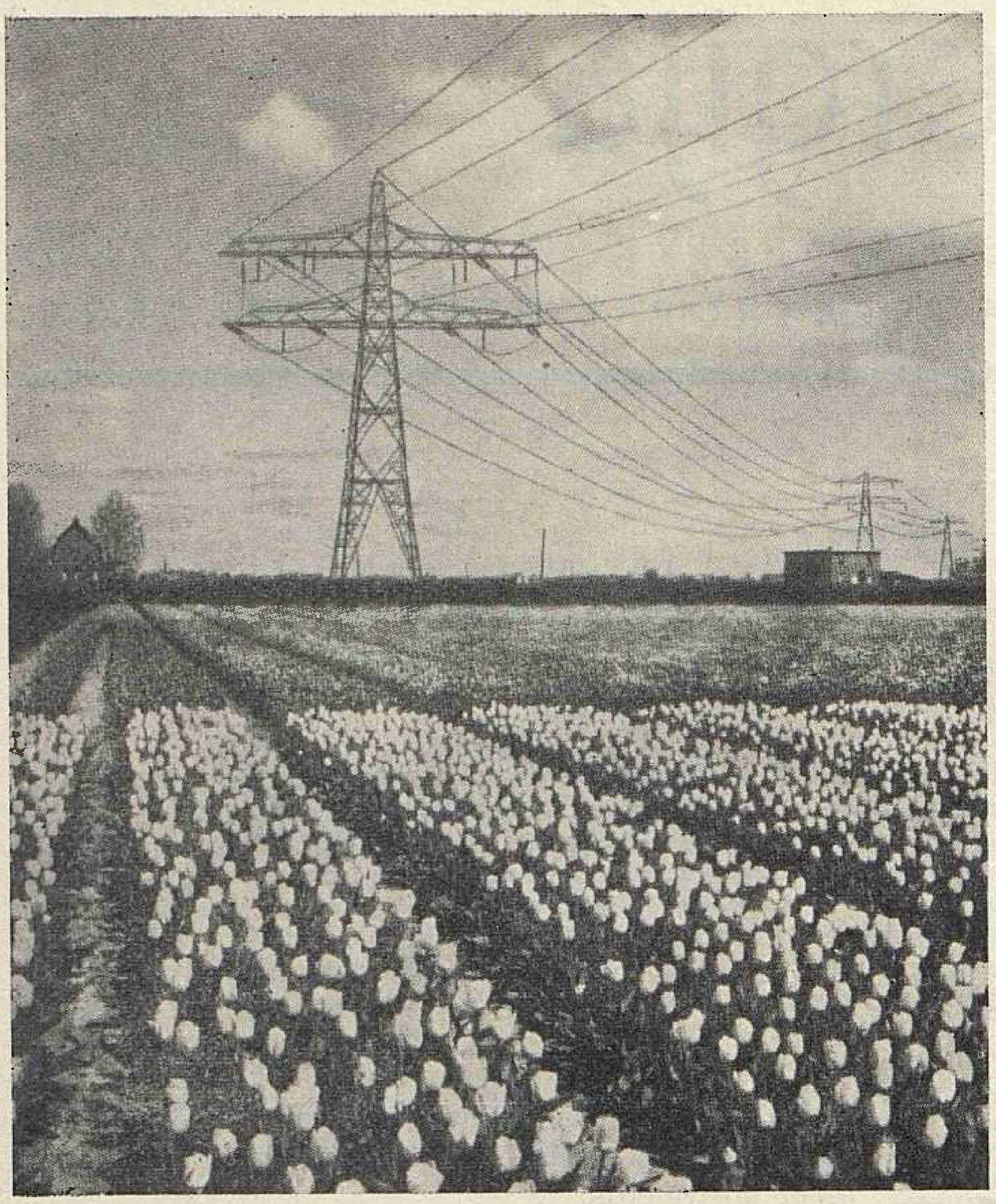
Nova otkrića na području nauke o elektricitetu i razvoj elektrotehnike potkraj XIX stoljeća doveli su do spoznaje, da se energetskim povezivanjem i paralelnom proizvodnjom elektrana različitog organskog sastava kapitala i povezivanjem njihovih konzumnih područja nejednakih karakteristika potrošnje može postići mnogo veća produktivnost svih faktora proizvodnje negoli samim daljnjim tehničkim usavršavanjem postrojenja.

Kad se na nekom većem opskrbnom području energetski poveže više hidroelektrana i termoelektrana, različitih po načinu izvedbe i po karakteristikama proizvodnje, stvore se uvjeti za ekonomičniju raspodjelu proizvodnje na tom području, a povezivanjem više konzumnih područja lakše se svladavaju one raznolikosti u opterećenju elektroenergetskih postro-

* UNION POUR LA COORDINATION DE LA PRODUCTION ET DU TRANSPORT DE L'ELECTRICITE



Sl. 1. *Belgija.* Termoelektrana Monceau/ Sambre



Sl. 2. *Nizozemska*. Dalekovod 150 kV Leiden–Velsen

jenja koje izazivaju potrošači svojim subjektivnim navikama s obzirom na način, količinu i vrijeme potrošnje električne energije.

Temelje za ekonomičan prijenos električne energije na daljinu dao je Marcel *Deprez,* francuski fizičar i elektrotehničar. Prvi pokus prijenosa po njegovoj zamisli izvršen je 1882. prigodom prve njemačke elektrotehničke izložbe u Münchenu, koju je organizirao Oskar *v. Müller*. Prijenos je vršen između Miesbacha i Münchena na udaljenost od 57 km. Prijenos električne energije trofaznom izmjeničnom strujom i naponom od 15 kV, prvi put je izveden 1891. na udaljenost od 178 km između hidroelektrane na rijeci Neckar kod Laufena i izložbenog prostora elektrotehničke izložbe u Frankfurtu na Majni.*

Iako su prvi počeci interkoneksije proizvodnje i opskrbe električnom energijom bili sporadični i neznatni s obzirom na današnja iskustva i dostignuća, oni su utirali put nacionalnoj i internacionalnoj kooperaciji proizvodnje električne energije.

Već potkraj XIX stoljeća bilo je isporuka električne energije preko državnih granica. Isprva su to bile samo manje značajne veze neke električne mreže, koja se je priključila na pograničnu elektranu susjedne zemlje. Izgradnja elektrana na graničnim rijekama bila je također povod za promet električne energije između dviju susjednih zemalja. Tako je npr. prva elektrana izgrađena na gornjoj Rajni 1896. bila energetski vezana sa Švicarskom i Njemačkom, pri čemu je Švicarska prodavala Njemačkoj veliki dio svog dijela proizvodnje [5].

Međunarodna suradnja na području elektroenergetike omogućila je u nekim zemljama izgradnju i onih elektrana čija proizvodnja nije bila potrebna domaćem konzumu električne energije već se izvozila u zainteresiranu susjednu zemlju. Kao primjer ovakve suradnje mogu poslužiti Elektrane Brusio, koje su već 1906. iskorištavale vodne snage doline Poschiavo u kantonu Graubünden i svoju ukupnu proizvodnju izvozile u Italiju, poduzeću Società Vizzola [5].

Jednu od osnova za razvoj međunarodne kooperacije u proizvodnji električne energije predstavlja i mogućnost ispomaganja u slučaju pogonskih smetnji i ispada postrojenja. To je naročito značajno danas kad se izgrađuju elektrane s velikim jedinicama do 100 i više MW. Ispad ovakve jedinice iz pogona može imati vrlo nezgodnih posljedica po snabdijevanje potrošača električnom energijom ako u nacionalnom elektroenergetskom sistemu nema rezervnih snaga. Proširenjem područja kooperacije, riziko ovakvih ispada se smanjuje a i rezervnih snaga treba manje.

Do kooperativne proizvodnje širih razmjera na nekom državnom području a zatim i do međudržavne razmjene električne energije s paralelnim radom elektrana i konačno do razvijene međudržavne kooperacije proizvodnje električne energije moglo je doći tek nakon razvoja i izgradnje nacionalnih mreža višeg napona. One prenose ogromne snage i količine električne energije za koje su već potrebni naponi 220 pa i 380 kV.

---

* Ing. Boris Markovčić, Institut za elektroprivredu, Zagreb: *Razvoj i današnje stanje veleprenosa električne energije,* Zagreb, august 1953.

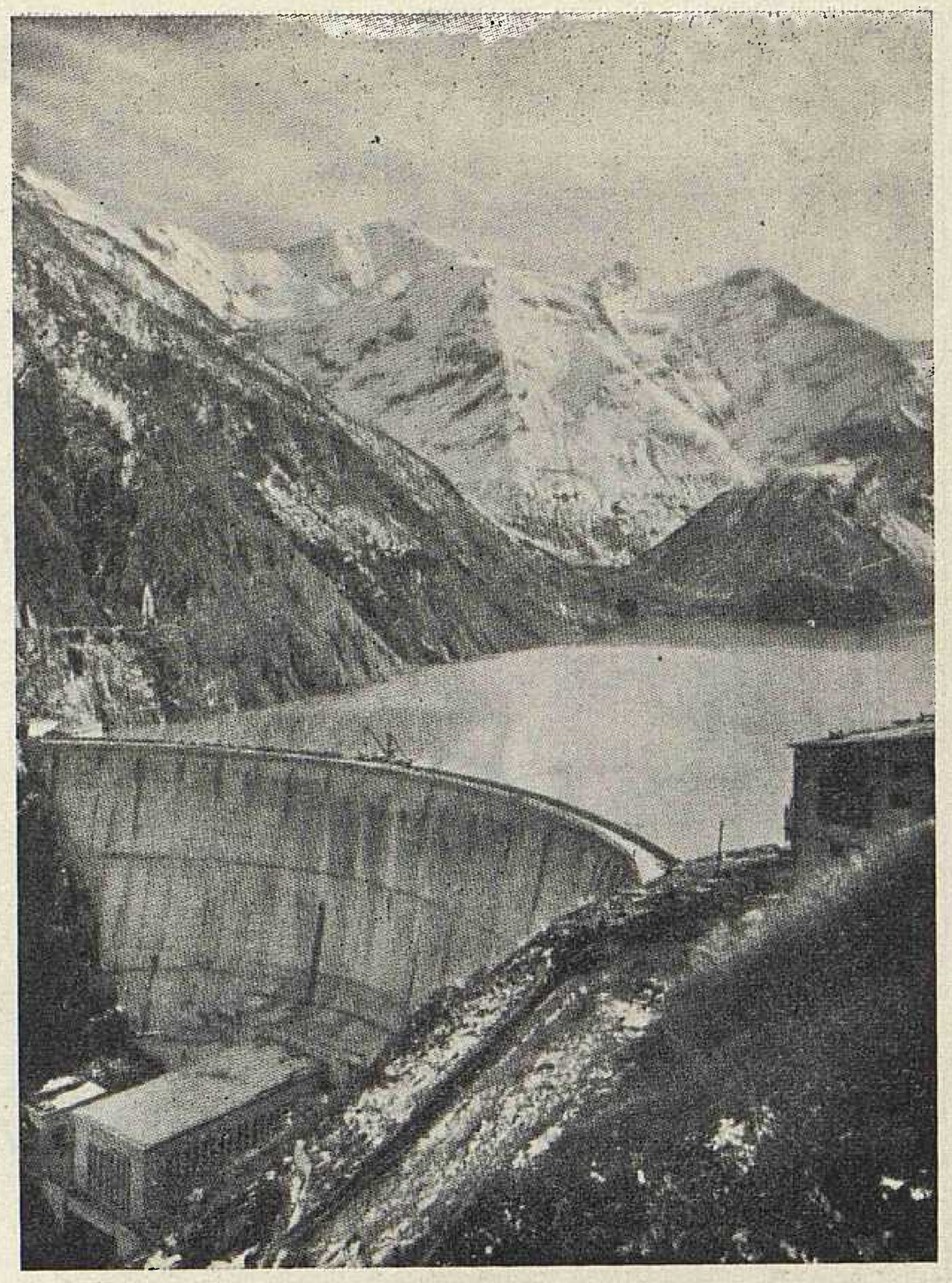
2. OSNIVANJE I ORGANIZACIJA UCPTE [1]

UCPTE je prvo međunarodno udruženje za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije u Evropi. Osnovano je 23. maja 1951. u Parizu na preporuku Savjeta ministara *OEEC** te obuhvaća veća elektroprivredna poduzeća Austrije, Belgije, Francuske, Italije, Nizozemske, Luksemburga, Švicarske i Zapadne Njemačke.**

Zadatak *UCPTE* je optimalno iskorištavanje postojećih i budućih elektroenergetskih kapaciteta za proizvodnju i prijenos električne energije na temelju potpuno dobrovoljne međudržavne kooperacije. Nastoji se dakle proširiti područje ekonomiziranja u raspodjeli opterećenja putem kooperacije hidroenergetskih i termoenergetskih regiona.

Od februara do aprila 1951. vođeni su pripremni razgovori o osnivanju, organizaciji i radu udruženja [2]. U toku razmatranja organizacionih pitanja u vezi s koordinacionim tijelom i njegovim kompetencijama, ispoljila su se dva različita gledišta. Jedni su predlagali centralizaciju osnovnih funkcija kooperativne proizvodnje u obliku neke »krovne organizacije« za elektroprivredna poduzeća ujedinjenih zemalja, nešto slično Vrhovnoj upravi »*Montanunije*«.*** Drugi su predlagali da se koordinacija zajedničkih funkcija vrši putem neposrednih dogovora svih kooperanata u jednom manjem sekretarijatu udruženja. Konačno je prihvaćena ova druga solucija [11].

UCPTE je udruženje osoba a ne poduzeća i kooperacija, pa je njegov rad vrlo elastičan i efikasan jer nije potreban nikakav upravni aparat s novo formiranim položajima. *UCPTE* je organiziran na principu personalne unije kao gremij stručnih predstavnika najvećih elektroprivrednih poduzeća i predstavnika njihovih državnih uprava. Budući da u gremiju ima i direktora vodećih elektroprivrednih poduzeća, to je moguće u toku samih sastanaka zaključivati punovažne sporazume, čime se brže dolazi do željenog cilja. U tehnici provedbe razmjene ili isporuke električne energije, koriste se komunikacije elektroenergetskih dispečerskih službi.



Sl. 3. *Austrija.* Hidroelektrana Limberg s akumulacionim jezerom

Prema pravilima *UCPTE,* pojedina zemlja može imati najviše 4 predstavnika u svojstvu redovitih članova od kojih trojicu kompetentnih stručnjaka iz elektroprivrede i jednog iz državne uprave. Pored ovih mogu se delegirati i stručnjaci za elektroprivredu, kao izvanredni članovi, no ukupan broj predstavnika pojedine države-članice ne može biti veći od 6.

UCPTE ima svog predsjednika kojeg bira Skupština između redovitih članova na rok od dvije godine. Skupština bira i njegovog zamjenika, koji se bira u pravilu za predsjednika naredne dvije godine. Da bi u pravima i dužnostima predsjednika *UCPTE* sudjelovale ravnomjerno sve države-članice, predsjednik se po nepisanom sporazumu bira uvijek iz druge. Prema tome, mandat predsjednika se ne produljuje.*

Zemlja čiji je predstavnik biran za predsjednika, organizira Sekretarijat udruženja i snosi njegove troškove. Sekretarijat ima svega jednu osobu — sekretara.

---

* *OEEC* (Organisation for European Economic Co-operation = Organizacija za kooperaciju evropske privrede). U ovu organizaciju bile su učlanjene: Austrija, Belgija, Danska, Francuska, Grčka, Island, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Zapadna Njemačka, Norveška, Portugalija, Španjolska, Švedska, Švicarska, Turska i Ujedinjeno Kraljevstvo, a u prijašnjim godinama još i Slobodni grad Trst.

Paktom od 13. i 14. decembra 1960. sklopljenim u Parizu prestao je postojati *OEEC* i pretvorio se u *OECD* (Organisation for Economic Co-operation and Development = Organizaciju za kooperaciju i razvoj privrede). Postojeće članstvo iz OEEC se proširuje za 2 nova člana iz Amerike i to SAD i Kanadu tako da OECD ima sada 20 država-članica.

Detaljnije o ovim organizacijama: Daniel Feöcze, *Financiranje elektroenergetske izgradnje u Austriji — Opis institucija,* Energija, Zagreb 10 (1961), 1—2.

** *Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede* stupila je u vezu s *UCPTE* u cilju učlanjenja u ovo udruženje. Jugoslavija bi surađivala kao pridruženi član. Predstavnik *Zajednice Jugoslavenske elektroprivrede* prisustvovao je 27. i 28. marta 1962. regionalnoj konferenciji *UCPTE* u Grazu. (*Privredni pregled,* Beograd broj 1808 27. XII 1961).

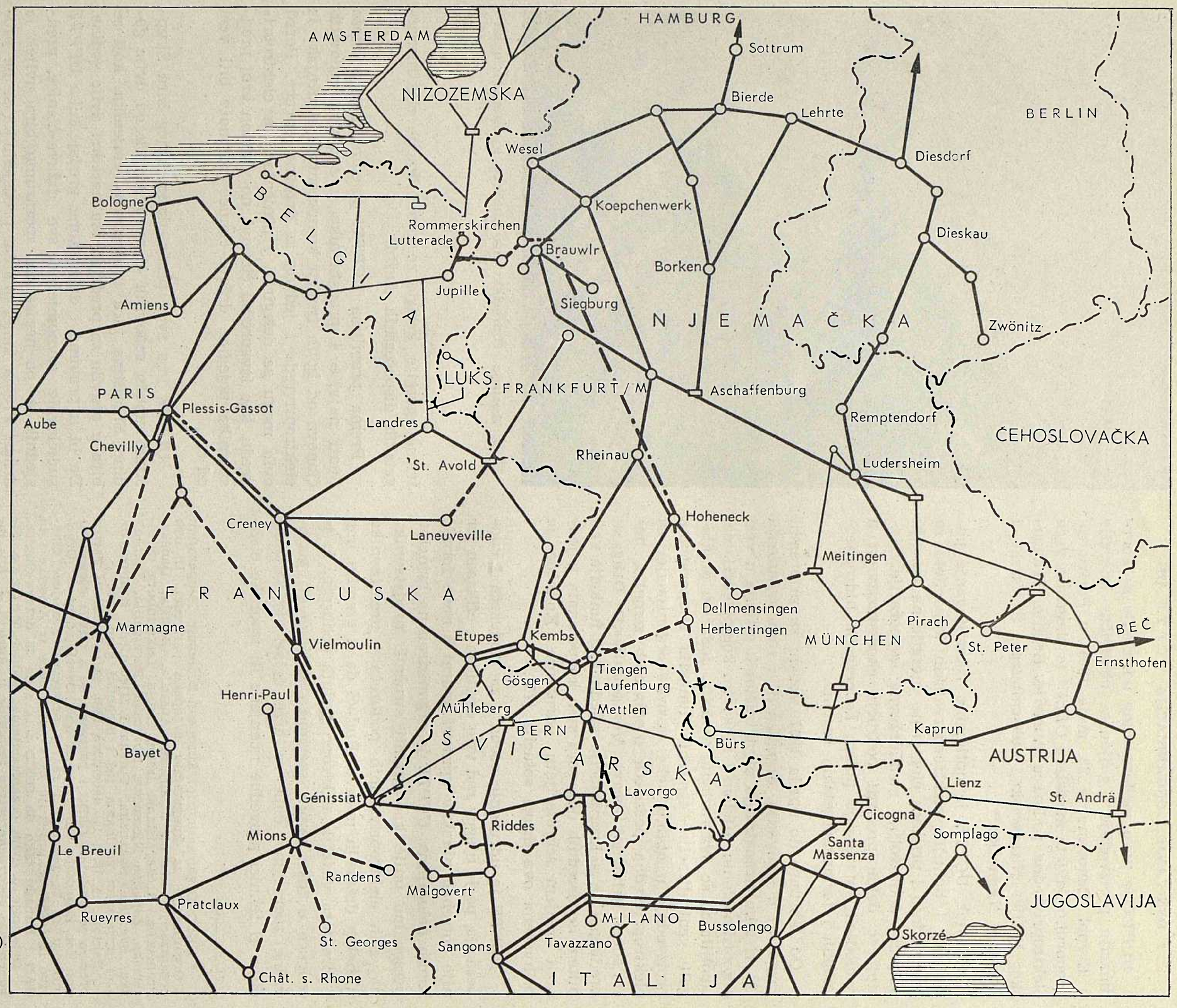
Udruženju će se uskoro priključiti i Španjolska. Na 29. Skupštini članstva *UCPTE* održanoj 12. IV 1961. u Locarnu, bila su prisutna i 2 delegata *UFEPTE* (Union Franco-Espagnole pour la Production et le Transport de l'Electricité = Francusko-španjolsko udruženje za proizvodnju i prijenos električne energije).

*** Evropska zajednica ugljena i čelika, osnovana 1951. (European Coal and Steel Community — ECSC; članovi: Francuska, Zapadna Njemačka, Italija, Belgija, Luksemburg, Nizozemska, a kasnije i Velika Britanija, no s nešto drukčijim obavezama).

* Dosadašnji predsjednici UCPTE:

1952. i 1953. Ch. Crescent, Francuska
1954. i 1955. P. Fonthier, Belgija
1956. i 1957. G. Cenzato odn. R. Müller, Italija
1958. i 1959. L. Wolf, SR Njemačka
1960. i 1961. R. Hochreutiner, Švicarska.

Mreža visokog napona za razmjenu električne energije između zemalja UCPTE



110 kV
150 kV
220 kV
380 kV
380 kV
(privremeno u pogonu sa 220 kV)

Skupština članstva zasjeda dva puta godišnje i to uvijek u drugoj državi-članici. Radni program Skupštine je ograničen samo na raspravu principijelnih pitanja. Osim Skupštine djeluje još Uži odbor (Comité restreint) i Prošireni odbor (Comité élargi).

U Uži odbor bira se po jedan član iz svake države-članice. Uži odbor bira svog predsjednika čiji mandat, kao i mandat predsjednika Skupštine, traje dvije godine. Uži odbor sastavlja dnevni red Skupštine, podnosi referate o aktuelnim pitanjima *UCPTE* i daje zadatke posebnim radnim grupama stručnjaka.

Prošireni odbor sačinjavaju svi članovi Užeg odbora i po 3 do 4 stručnjaka svake pojedine države-članice. Ovaj se odbor sastaje svaka tri mjeseca i raspravlja o elektroenergetskoj situaciji zemalja *UCPTE*. U ovom odboru — kao i u svim organima *UCPTE* — raspravlja se bez sustezanja potpuno otvoreno i u uzajamnom radnom povjerenju, o svim problemima i poteškoćama opskrbe električnom energijom. Svaki član odbora je detaljno upoznat s poteškoćama opskrbe u susjednoj mu zemlji. Poznato je prema tome, kada i gdje treba, i kada i gdje ima raspoložive električne energije.

Optimum rasporeda opterećenja u danim prilikama moguće je ostvariti samo onda, ako su poznate raspoložive snage u svim zemljama *UCPTE*. U tu svrhu je od 1. 1. 1961. uvedena razmjena tjednih teleprinterskih raporta o stanju postrojenja i o energetskoj situaciji, čime se ubrzavaju odgovarajuće dispozicije prema: tražim — nudim [9].

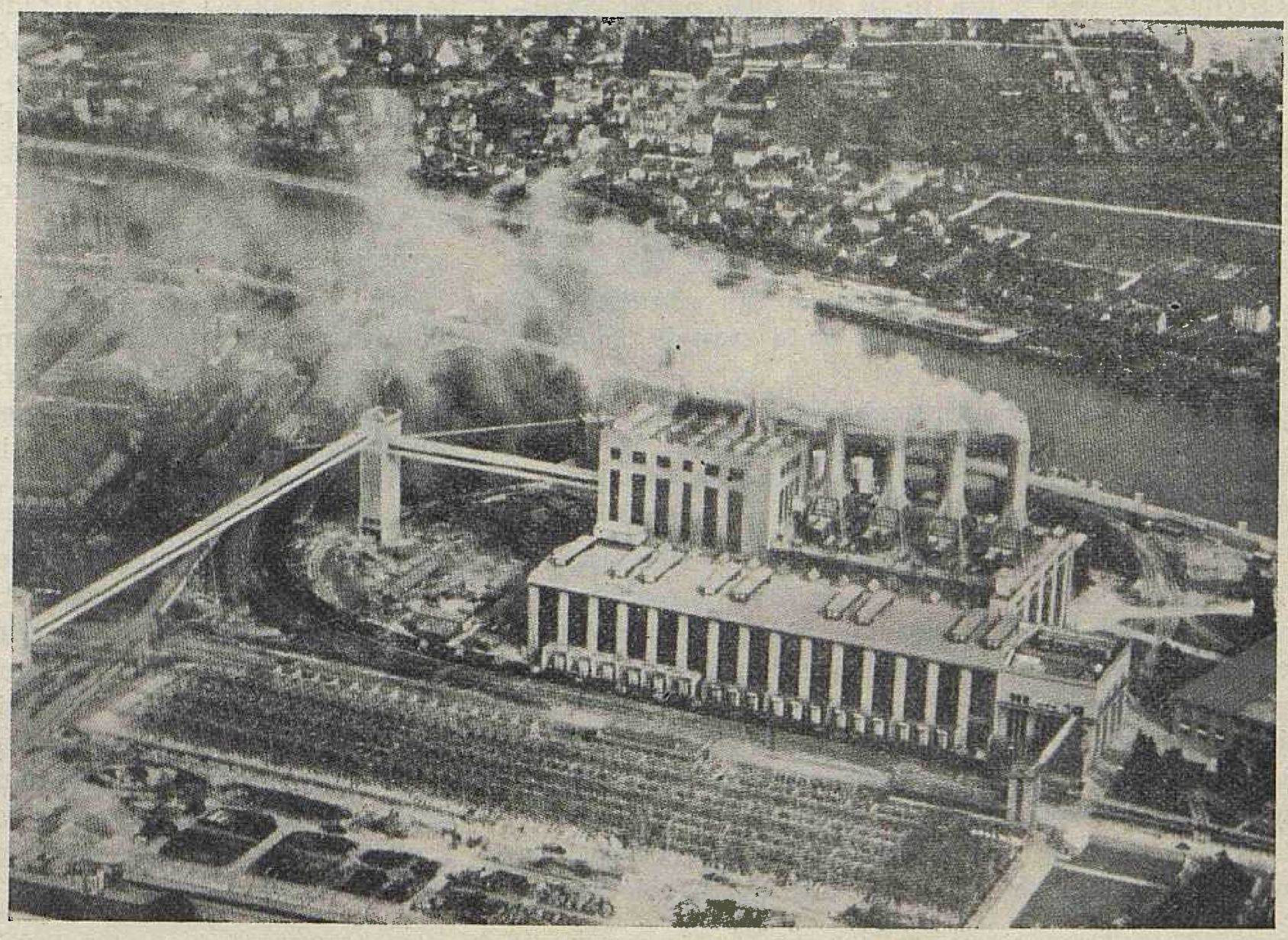
Ako je npr. trebalo da električna energija iz Zapadne Njemačke osvijetli Milan, ili ako je u području Rajne trebalo kuhati — u vrijeme vršnog opterećenja — energijom iz akumulacione HE Kaprun, ili ako je motore švicarske industrije trebalo tjerati energijom iz Belgije, to je ostvareno, vrlo često, kratkim telefonskim dogovorom nadležnih ljudi dvaju ili više poduzeća-kooperanata s jedne i druge strane državne granice.

Za ovakav način rada treba unapređivati ljudske odnose. Značajne odluke će se donositi utoliko lakše, ukoliko će se partneri osobno bolje poznavati i uživati međusobno povjerenje. Ostvarenje ovog cilja također je jedan od važnih zadataka *UCPTE* [9].

Ciljevi i zadaci *UCPTE* vidljivi su i iz periodičnih poslovnih izvještaja kako slijedi [9]:

> Konstantno i sistematski se prati i unapređuje međunarodni promet električne energije.
>
> Stvaraju se tehničke osnove za proširenje i poboljšanje paralelne proizvodnje elektrana u međunarodnim razmjerima, npr. koordinacijom planiranja prijenosne mreže, studijem pitanja regulacije frekvencije i napona te izborom napona pojedinih mreža i načinom njihovog spajanja.
>
> Stalno i sistematski se prati proizvodnja hidroelektrana i termoelektrana te izgradnja elektroenergetskih objekata u pojedinim zemljama *UCPTE* i sastavljaju se kratkoročne perspektivne elektroenergetske bilance, kako bi se mogli pravovremeno utvrditi periodični viškovi i manjkovi električne energije na pojedinim područjima i dogovoriti njihova izravnanja.
>
> Koordiniraju se planovi revizija i remonata termoelektrana i izmjenjuju pogonska iskustva.
>
> Usavršuje se postojeća prijenosna mreža kao i tehničke koncepcije za njeno daljnje spajanje u jednu mrežu Zapadne Evrope i za trajnije poboljšanje njenog paralelnog pogona.
>
> Sposobnost prijenosa ove mreže se prilagođuje budućim potrebama u svrhu iskorištenja svih kapaciteta.
>
> Postojeće elektrane se tako stavljaju u pogon, da se kod svih članova *UCPTE* poveća pogonska sigurnost i smanje zajedničke rezerve.

Kao što razmjenu električne energije ugovaraju i izvršuju pojedina poduzeća, isto tako se i unapređenje navedenih ciljeva temelji na punoj slobodi i samoodgovornosti članova *UCPTE*. Da su ovakvi ekonomski odnosi dobri i da zadovoljavaju poslovanje integrirane elektroprivrede Zapadne Evrope dokazuje



Sl. 4. *Francuska.* Termoelektrana Arrighi

Veličina i struktura instalirane snage elektrana Tablica 1

Zemlja	1956.		1957.		1958.		1959.		1960.	
	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%
Hidroelektrane										
Austrija	2.183	8,4	2.473	8,8	2.648	8,9	2.975	9,5	2.999	9,0
Belgija	48	0,2	48	0,2	47	0,2	47	0,2	48	0,1
Francuska	7.716	29,6	8.380	30,0	8.812	29,4	9.142	29.2	9.800	29,5
Italija	9.513	36,6	9.933	35,6	10.478	35,0	10.768	34,3	11.468	34,5
Luksemburg	1	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0	15	0,0
Nizozemska	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Švicarska	3.750	14,4	4.180	15,0	4.780	16,0	5.240	16,7	5.640	17,0
Zap. Njemačka	2.806	10,8	2.915	10,4	3.136	10,5	3.185	10,1	3.296	9,9
Ukupno	26.017	100	27.930	100	29.902	100	31.358	100	33.266	100
Termoelektrane										
Austrija	802	2,4	880	2,5	965	2,5	1.118	2,5	1.160	2,5
Belgija	2.901	8,7	3.094	8,6	3.195	8,3	3.443	7,9	3.701	7,8
Francuska	7.131	21,6	7.550	21,0	8.600	22,2	9.790	22,6	10.340	21,9
Italija	2.645	8,0	2.752	7,7	2.931	7,6	3.993	9,2	4.843	10,2
Luksemburg	215	0,6	217	0,6	258	0,6	254	0,6	254	0,5
Nizozemska	3.920	11,8	4.030	11,2	4.200	10,8	4.450	10,2	4.850	10,3
Švicarska	200	0,6	200	0,6	200	0,5	180	0,4	200	0,4
Zap. Njemačka	15.331	46,3	17.175	47,8	18.356	47,5	20.200	46,6	21.846	46,4
Ukupno	33.145	100	35.898	100	38.705	100	43.428	100	47.194	100
Ukupno HE + TE										
Austrija	2.985	5,1	3.353	5,3	3.613	5,3	4.093	5,4	4.159	5,2
Belgija	2.949	4,9	3.142	4,8	3.242	4,7	3.490	4,7	3.749	4,7
Francuska	14.847	25,0	15.930	24,9	17.412	25,4	18.932	25,3	20.140	25,0
Italija	12.158	20,6	12.685	19,9	13.409	19,6	14.761	19,7	16.311	20,3
Luksemburg	216	0,4	218	0,3	259	0,3	255	0,3	269	0,2
Nizozemska	3.920	6,6	4.030	6,3	4.200	6,1	4.450	6,0	4.850	6,0
Švicarska	3.950	6,7	4.380	6,9	4.980	7,2	5.420	7,2	5.840	7,3
Zap. Njemačka	18.137	30,7	20.090	31,6	21.492	31,4	23.385	31,4	25.142	31,3
Ukupno	59.162	100	63.828	100	68.607	100	74.786	100	80.460	100
Od toga termo		57		56		56		58		59
Stopa prirasta termo		5,2		8,3		7,8		12,2		8,7
Stopa prirasta hidro		5,2		1,4		7,1		4,9		5,7
Stopa prirasta ukupno		5,2		7,9		7,5		9,0		7,6

1 MW = 1000 kW

i okolnost, što se mnoge susjedne zemlje žele učlaniti u *UCPTE*. U vezi s tim je 18. 10. 1960. na 28. Skupštini u Haagu prihvaćena deklaracija o sudjelovanju drugih zemalja u radu *UCPTE*.

Broj članova *UCPTE* je dosta ograničen i to svjesno, pa svaki pojedini član aktivno sudjeluje u radu Skupštine, Užeg i Proširenog odbora. Osim ovih organa djeluju još i radne grupe u koje se biraju najbolji stručnjaci iz elektroprivrede svih 8 država-članica. Radne grupe stručnjaka obrađuju pitanja o kojima odlučuje Skupština. Za sada postoje 3 radne grupe i to:

1. Radna grupa za termoelektrane,
2. Radna grupa za pitanja pogona,
3. Radna grupa za hidroenergetska pitanja.

Radna grupa za termoelektrane [7] dobila je svoj današnji oblik 1957. Međutim radom je započela već 21. 10. 1952. kao »grupa za koordinaciju planova revizija«. Sastavljena je od po jednog stručnjaka za termoelektrane i po jednog elektroenergetskog dispečera svake države-članice. Delegirani elektroenergetski dispečeri zemalja s isključivom termoproizvodnjom, kao što su Belgija i Nizozemska, bili su dobro upućeni u proizvodnju hidroelektrana.

Koordinacijom vremenskih planova revizija i remonata pojedinih postrojenja ujedinjenih elektroprivrednih poduzeća, postiže se veća raspoloživost ukupne snage, dakle i velike uštede, a osigurava se i odgovarajuća rezerva za pokriće eventualnih ispada. Osim koordinacije remonata pojedinih postrojenja ujedinjenih poduzeća, radna grupa treba se baviti i problemima pogona termoelektrana, kao i pitanjem izgradnje novih jedinica i rokovima njihovog stavljanja u pogon. Ovo su važni i uvijek aktuelni zadaci *UCPTE*.

Prvi zadatak ove radne grupe bio je usklađenje planova revizija termoelektrana za 1953. Prije svega trebalo je naći zajednički jezik i metodu za jedinstveno planiranje revizija i remonata. U pogledu jedinstvenog planiranja dana je slijedeća preporuka:

a) dovršenje svih radova iz revizionog programa za termoelektrane treba osigurati do mjeseca septembra, dakle u periodu između proljeća i jeseni, jer zemlje *UCPTE* imaju u to vrijeme, zbog povoljnih vodotoka, dovoljno hidroelektrične energije;

b) sve radove na vodovima preko kojih se vrši međunarodna razmjena električne energije treba uskladiti s radovima u elektranama;

c) već dogovorene programe treba sredinom godine ponovo uskladiti (do ovog je došlo zbog deficita snage izazvanog lošim hidrološkim prilikama u decembru 1953).

Obujam i struktura proizvodnje na pragu elektrana Tablica 2

Zemlja	1956.		1957.		1958.		1959.		1960.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Hidroelektrane										
Austrija	8.638	9,4	9.135	10,0	10.604	9,8	10.975	9,9	11.843	9,1
Belgija	186	0,2	172	0,2	197	0,2	101	0,1	172	0,1
Francuska	25.066	27,1	24.033	25,8	31.420	29,0	32.613	29,4	40.550	31,2
Italija	30.695	33,2	31.848	34,3	35.284	32,6	38.370	34,5	46.106	35,4
Luksemburg	0	—	0	—	0	—	3	—	20	—
Nizozemska	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
Švicarska	15.083	16,3	15.433	16,6	17.733	16,4	18.078	16,3	18.826	14,4
Zap. Njemačka	12.776	13,8	12.127	13,1	12.989	12,0	10.912	9,8	12.798	9,8
Ukupno	92.444	100	92.928	100	108.227	100	111.052	100	130.315	100
Termoelektrane										
Austrija	3.056	2,3	2.829	2,0	2.647	1,9	3.433	2,1	3.667	2,2
Belgija	11.658	9,0	12.439	8,7	12.320	8,7	13.078	8,2	13.946	8,3
Francuska	25.679	19,8	30.025	21,0	27.132	19,2	32.000	20,1	31,800	18,8
Italija	8.330	6,4	9.791	6,7	8.125	5,7	9.621	6,0	9.121	5,4
Luksemburg	1.161	0,9	1.210	0,8	1.227	0,9	1.300	0,8	1.444	0,8
Nizozemska	11.848	9,2	12.535	8,8	13.120	9,3	14.178	8,9	15.515	9,2
Švicarska	203	0,2	203	0,1	121	0,1	103	0,1	246	0,1
Zap. Njemačka	67.530	52,2	74.269	51,9	76.558	54,2	85.559	53,8	93.375	55,2
Ukupno	129.465	100	143.301	100	141.250	100	159.272	100	169.114	100
Ukupno HE + TE										
Austrija	11.694	5,3	12.144	5,2	13.251	5,2	14.408	5,3	15.510	5,2
Belgija	11.844	5,3	12.611	5,3	12.517	5,0	13.179	4,9	14.118	4,7
Francuska	50.745	22,9	54.058	22,9	58.552	23,5	64.613	23,9	72.350	24,2
Italija	39.025	17,6	41.639	17,6	43.409	17,4	47.991	17,7	55.227	18,4
Luksemburg	1.161	0,5	1.210	0,5	1.227	0,5	1.303	0,5	1.464	0,5
Nizozemska	11.848	5,3	12.535	5,3	13.120	5,3	14.178	5,3	15.515	5,2
Švicarska	15.286	6,9	15.636	6,6	17.854	7,2	18.181	6,7	19.072	6,4
Zap. Njemačka	80.306	36,2	86.396	36,6	89.547	35,9	96.471	35,7	106.173	35,4
Ukupno	221.909	100	236.229	100	249.477	100	270.324	100	299.429	100
Od toga termo		58		61		57		59		57
Stopa termo		10,8		10,7		1,4		12,8		6,2
prirasta hidro		0,9		0,5		16,5		2,6		17,3
ukupno	6,5		6,5		5,6		8,3		10,7	

1 GWh = 1,000.000 kWh

Pored toga je zaključeno da se usklađeni planovi uspoređuju s ostvarenjem radova dva puta godišnje, kako bi se spoznalo za koji period mogu predviđanja biti realna. Ove usporedbe su veoma poučne. Pokazalo se naime da se vrijeme trajanja revizija i remonata veoma razlikuje u pojedinim zemljama. Nakon razmjene mišljenja o tim pitanjima sastavljen je izvještaj o mogućnosti poboljšanja radova na uzdržavanju postrojenja. Izvještaj je objavljen u Godišnjaku *UCPTE* za 1954—1955.

U vezi s problemima pogona termoelektrana posebna podgrupa je dobila zadatak da obradi pitanje njihovog tehničkog minimuma i kontroliranog brzog starta.

Pored toga sastavljen je popis defekata za sve države-članice prema uzrocima njihovog nastajanja. Ovaj popis je bio osnova za razmjenu mišljenja i iskustava pogonskih stručnjaka. Složeni pogon termoelektrana izložen je čestim kvarovima pa su stečena pogonska iskustva u sličnim elektranama vrlo korisna za unapređenje rada. Zahvaljujući poznanstvu i razvijenom drugarstvu svih članova radne grupe, upravitelj neke elektrane u defektu, može brzo doći u vezu s upraviteljem slične elektrane u bilo kojoj drugoj zemlji i s njim se posavjetovati. Ustanovljeno je međutim da bi bržem uspostavljanju potrebnog kontakta mnogo koristila kartoteka podataka svih važnijih termoelektrana *UCPTE*.

Današnja kartoteka termoelektrana *UCPTE* kojom raspolažu svi upravitelji termoelektrana i drugi stručnjaci kojima ona treba, evidentira 72 termoelektrane, o svakoj oko 100 različitih podataka.

Radna grupa ni u kom slučaju nije neki centralni organ za pogon. Pored svog radnog programa ona samo omogućuje uspostavljanje međusobnih veza i davanje potrebnih informacija, što odgovara i osnovnim koncepcijama *UCPTE*.

Radna grupa za pitanja pogona. To je u stvari radna grupa za pogon međudržavne kooperativne proizvodnje električne energije Zapadne Evrope. Ona se bavi proučavanjem raznih problema kao npr. pitanjem najpovoljnije izvedbe veza između zemaljskih mreža, pitanjem frekvencije i tokova energije, pitanjem prilagođavanja parnih i vodnih turbina zahtjevima međudržavne paralelne proizvodnje, pitanjem jedinstvenog sistema označivanja faza i t. sl. [1]. Svoj prvi sastanak održala je 13. februara 1953. u Oltenu (Švicarska) i u vezi s razmatranjem nastalih pitanja paralelne proizvodnje nacionalnih mreža, utvrdila je ovaj radni program [8]:

Proizvodnja električne energije (prag elektrana) po stanovniku — kWh/stanovnik

Tablica 3

Zemlja	1952.	1953.	1954.	1955.	1956.	1957.	1958.	1959.	1960.
Austrija	1156	1260	1413	1548	1659	1748	1893	1900	2190
Belgija	1060	1091	1171	1236	1326	1407	1382	1450	1540
Francuska	908	984	1068	1148	1162	1307	1317	1436	1590
Italija	646	680	737	783	808	858	894	977	1120
Luksemburg	2764	2993	3230	3590	3684	3864	3840	4020	4460
Nizozemska	702	865	941	1031	1089	1147	1176	1250	1350
Švicarska	2679	2760	2675	3105	3030	3118	3440	3480	3600
Zap. Njemačka	1109	1177	1309	1444	1589	1694	1655	1865	2040

a) regulacija frekvencije i snage;

b) kooperativni pogon otvorene i prstenasto zatvorene mreže, kako sa stanovišta tehnike tako i sa stanovišta tehničkog obračuna;

c) regulacija napona i tokova jalove snage;

d) zaštitni uređaji.

Istovremeno je zaključeno da svaka država-članica delegira u ovu radnu grupu svoja 3 predstavnika i to: jednog stručnjaka za raspodjelu opterećenja, jednog za probleme regulacije i jednog za pogonska pitanja, koji ujedno raspolaže i iskustvima s područja tehnike zaštite.

U toku višegodišnjeg iskustva došlo se do slijedećeg radnog reda:

Godišnje se održavaju 2 savjetovanja. Jedno u martu, jedno u septembru. Osim toga vrši se pismena izmjena mišljenja a po potrebi se održavaju i prigodni sastanci pojedinih članova grupe da bi se raspravila posebna pitanja. Materijali savjetovanja dostavljaju se unaprijed pismeno — po mogućnosti na njemačkom i francuskom jeziku — tako da su svi učesnici savjetovanja već unaprijed upoznati s tretiranim problemima. Na savjetovanju se na taj način raspravlja samo o otvorenim pitanjima.

U slučaju da tretirani problemi zadiru i u neke druge sektore pogona, na savjetovanja se pozivaju i stručnjaci tih sektora ili se radna grupa stavlja u vezu s nekom od međunarodnih organizacija koja se bavi tim pitanjem, kako se ne bi radilo po dvostrukom kolosijeku.

Godine 1958. radna grupa je izdala cirkular *Terminologija regulacije* na 4 jezika *UCPTE* (francuski, holandski, njemački, talijanski) i na engleskom, kako bi se omogućila jedinstvena interpretacija. Tehnički pojmovi su opisani i definirani. Ljeti 1961. izašlo je novo prošireno izdanje pod nazivom *Terminologija stručnih izraza s područja regulacije.*

Pored pogonskih pitanja ova se grupa bavi i privrednim pitanjima elektroenergetike kao npr. pitanjem utjecaja promjene radnog vremena na obujam potrošnje električne energije. Detaljnom studijom utvrđeno je da razlika između količine potroška električne energije u subotu i drugih dana u tjednu postaje sve veća i to bilo zbog uvođenja 5 radnih dana u tjednu, bilo zbog uvođenja 45 satnog radnog tjedna.

Radna grupa za hidroenergetska pitanja [2] održala je svoje prvo savjetovanje 25. januara 1954. Uvela je jedinstvene nazive hidroenergetskih pojmova za već izgrađeni i još raspoloživi hidroenergetski potencijal, kako bi se mogli sastavljati zajednički izvještaji, pregledi i komparacije elemenata potrebnih za donošenje zaključaka o mogućnosti hidroproizvodnje i o budućoj izgradnji hidroelektrana. Radna grupa obrađuje sva hidroenergetska pitanja zemalja *UCPTE*. Izradila je godišnje indikatore proizvodnje hidroelektrana za period od 1934. do 1953. Ovi su objavljeni u Godišnjaku *UCPTE* za 1954/1955. Mjesečni indikatori hidroproizvodnje za isto vremensko razdoblje samo za Austriju, Francusku i Švicarsku, objavljeni su u Godišnjaku *UCPTE* za 1955/1956. Isti indikatori za Italiju za period od 1934. do 1953. i za Zapadnu Njemačku za period od 1947. do 1956, zatim za Austriju, Francusku, Italiju i Švicarsku zajedno, za period od 1947. do 1953. godine objavljeni su u Godišnjaku *UCPTE* za 1956/1957. Međutim, budući da je instalirana snaga hidroelektrana zemalja *UCPTE* u 1960. za 50 % veća od one u 1954, potrebno je izvedene indikatore doraditi i proširiti do 1. januara 1960.

Radne grupe stručnjaka uspješno su riješile mnoga otvorena tehnička pitanja. Tim je omogućen paralelni pogon postrojenja država-članica tako da se — u slučajevima spajanja — ne prekida snabdijevanje potrošača električnom energijom. Među najvažnija tehnička sredstva za olakšanje razmjene električne energije spada jedinstvena regulacija frekvencije. Nakon ugradnje specijalnih aparata i uređaja u dispečerske centre, jedinstvena regulacija frekvencije omogućuje električno vezivanje elektroenergetskih sistema te isporuku i kontrolu ugovorenih snaga iz jedne zemaljske mreže u drugu uz održavanje iste frekven-

Opterećenja, razmjena i potrošnja električne energije zemalja U C P T E

Tablica 4

	1956.	1957.		1958.		1959.		1960.	
	GW	GW	± %	GW	± %	GW	± %	GW	± %
Vršno opterećenje konzuma	35,3	38,2	+ 8,2	39,4	+ 3,1	44,3	+ 12,4	48,5	+ 9,5
Snaga u paralelnoj proizvodnji	32,5	35,1	+ 8,0	33,4	— 4,8	42,1	+ 26,0	53,3	+ 26,6
	TWh	TWh		TWh		TWh		TWh	
Ukupna razmjena električne energije	6,97	8,22	+ 17,9	8,40	+ 2,2	9,47	+ 12,7	11,17	+ 11,8
Razmjena električne energije unutar UCPTE	5,80	7,45	+ 28,6	7,29	— 2,0	8,21	+ 12,7	10,11	+ 23,2
Potrošnja električne energije	193,30	207,60	+ 7,4	222,00	+ 6,9	238,50	+ 7,4	268,30	+ 12,5

1 TWh = 1,,000,000.000 kWh

Razmjena električne energije u 1960. u GWh Tablica 5

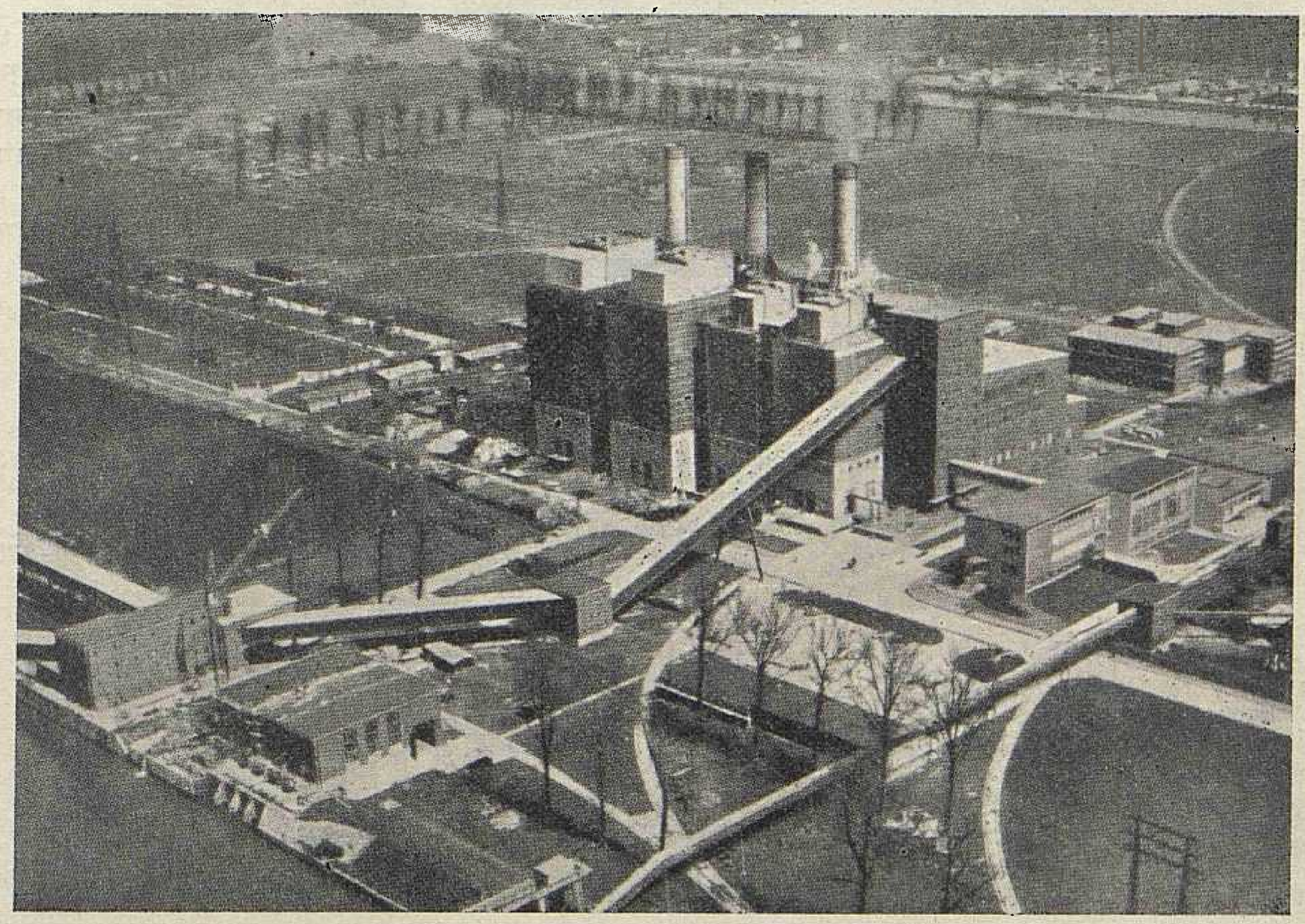
Isporučeno u iz	Austriju	Belgiju	Francusku	Italiju	Luksemburg	Nizozemsku	Švicarsku	Zapadnu Njemačku	Ostale zemlje	UCPTE	% izvoza
Austrije	0	—	—	48	—	—	1	2485	178	2712	24,3
Belgije	—	0	39	—	30	176	—	118	—	363	3,3
Francuske	—	129	0	56	26	—	970	352	255	1788	16,0
Italije	172	—	91	0	—	—	221	—	6	490	4,4
Luksemburga	—	37	21	—	0	—	—	—	—	58	0,5
Nizozemske	—	81	—	—	—	0	—	60	—	141	1,2
Švicarske	87	—	992	134	—	—	0	2562	—	3775	33,8
Zap. Njemačke	442	130	6	—	—	79	569	0	—	1226	11,0
Ostalih zemalja	87	—	449	—	—	—	—	81	0	617	5,5
U C P T E	788	377	1598	238	56	255	1761	5658	439	11170	100
% uvoza	7	3,5	14,3	2,1	0,5	2,3	15,8	50,6	3,9	100	

cije od 50 perioda. Tako npr. od 18. juna 1958. u paralelnoj proizvodnji rade gotovo sve elektrane Austrije, Belgije, Francuske, Nizozemske, Švicarske i Zapadne Njemačke s ukupnom snagom od oko 31 milijun kW. (Ukupna instalirana snaga elektrana u zemljama *UCPTE* iznosi krajem 1958. oko 70 milijuna kW). Već 1960. snaga u paralelnoj proizvodnji iznosi 53,3 milijuna kW, a ukupna instalirana snaga krajem 1960. preko 80 milijuna kW. Ovako velike snage u paralelnoj proizvodnji ostvarene su do sada još samo u SAD i SSSR.

U cilju unapređenja ekonomike elektroprivrede Zapadne Evrope kao i u svrhu davanja općih informacija o radu i postignutim uspjesima, *UCPTE* izdaje niz redovitih publikacija.

Godišnjaci objavljuju rezultate rada kako bi se stručnjacima širom svijeta omogućio uvid u poslovanje ovog udruženja. U godišnjacima se pored izvještaja o radu pojedinih radnih grupa i podataka o opterećenju mreže, razmjeni i potrošnji električne energije, objavljuju i članci stručnjaka o raznim ekonomskim, tehničkim i drugim pitanjima kooperativne proizvodnje. Pored toga, godišnjaci obiluju statističkim podacima i grafičkim prikazima. Kvartalni izvještaji služe drugoj svrsi. Izdaju se u 1500 primjeraka od početka 1956. U kvartalnim izvještajima daje se uglavnom samo pregled o elektroenergetskoj situaciji za protekla 3 mjeseca, kao i prognoza za naredni kvartal, a razmatraju se neposredni aktuelni problemi. Obje publikacije izdaju se na četiri jezika *UCPTE* (na francuskom, holandskom, njemačkom i talijanskom), a godišnjaci i na engleskom jeziku. Godišnjake i kvartalne izvještaje uređuje Prošireni odbor (Comité élargi). Pored ovih publikacija, članovi *UCPTE* primaju još i petnaestodnevna i mjesečna saopćenja o razmjeni i prometu električne energije [5].

UCPTE objavljuje i posebna izdanja, u kojima se obrađuju nastali pogonski problemi međunarodne kooperacije proizvodnje električne energije (publikacija o regulaciji frekvencije i napona, o zaštiti zajedničke mreže i dr.). Značajne su i publikacije referata sastavljenih za Svjetsku energetsku konferenciju u Beču: *Koordinacija proizvodnje i prijenosa električne energije u Zapadnoj Evropi* (Bardon, Fleischer i van Rhijn), objavljeno u junu 1956, zatim za konferenciju u Montrealu dva referata: 1. *Postignuti rezultati na području najboljeg iskorištenja sredstava za proizvodnju i prijenos električne energije* (UCPTE) i 2. *Tehnički i ekonomski preduvjeti za evoluciju prijelaza od paralelnog i kooperativnog pogona na ekonomiku koo-*



Sl. 5. *Savezna Republika Njemačka.* Termoelektrana Heilbronn

Bilanca razmjene električne energije u GWh — Tablica 6

Zemlja	Izvoz			Uvoz			Višak razmjene u 1960.	
	1959.	1960.	% promjene	1959.	1960.	% promjene	Izvoz	Uvoz
Austrija	2495	2712	+ 8,7	553	788	+ 42,5	1924	—
Belgija	365	363	— 0,6	239	377	+ 57,8	—	14
Francuska	1310	1788	+ 36,6	1252	1598	+ 27,6	190	—
Italija	289	490	+ 70,0	333	238	— 28,6	252	—
Luksemburg	60	58	— 3,3	62	56	— 9,7	2	—
Nizozemska	218	141	— 35,4	291	255	— 12,4	—	114
Švicarska	2419	3775	+ 56,2	1704	1761	+ 3,3	2014	—
Zap. Njemačka	1442	1226	— 15,0	4645	5658	+ 21,8	—	4432
Ostale zemlje	867	617	— 28,8	386	439	+ 12,1	178	—
Ukupno	9465	11170	+ 18,0	9465	11170	+ 18,0	4560	4560

perativne proizvodnje (Fleischer), objavljeno u septembru 1958, te za konferenciju u Madridu: *Kooperativna proizvodnja i razmjena električne energije zemalja UCPTE* (UCPTE), objavljeno u junu 1960. Osim toga objavljena je u novembru 1956. energetska karta zemalja *UCPTE*, zatim u januaru 1958. prvo izdanje tehničkih podataka modernih termoelektrana *UCPTE* (Radna grupa za termoelektrane) i u martu 1958. *Terminologija regulacije* odn. novo izdanje ljeti 1961. pod nazivom *Terminologija stručnih izraza s područja regulacije* (Radna grupa za pogonska pitanja) [2].

UCPTE usko surađuje i s međunarodnim organizacijama, naročito s onima koje su zainteresirane za kooperativnu proizvodnju električne energije. Sve zemlje *UCPTE* ujedno su i članice Odbora za elektroprivredu *OECD*. I ova okolnost jamči racionalnu suradnju. Stanovite probleme obrađuju *UCPTE* i *OECD* zajednički (problem liberalizacije međunarodne razmjene električne energije i ukidanje carine na nju, hidroenergetska pitanja raznih zemalja i sl.).

UCPTE surađuje nadalje s Međunarodnim udruženjem proizvođača i distributera električne energije *UNIPEDE* u Parizu (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique), zatim s Međunarodnom federacijom industrijskih elektrana *FIPACE* u Parizu (Fédération Internationale des Producteurs Autoconsommateurs Industriels d'Electricité). Racionalna podjela rada između ovih organizacija dogovorena je već 1952. Da bi se izbjegao rad odnosno istraživanje po dva kolosijeka, *UCPTE* se bavi istraživanjima samo onih pitanja koja su usko vezana za konkretni pogon međudržavne kooperacije proizvodnje električne energije, dok se elektroprivredna poduzeća i udruženja u okviru *UNIPEDE* bave perspektivnim planiranjem te ekonomskim, financijskim i pravnim pitanjima elektroprivrede.

Svjetska energetska konferencija *CME* (Conférence Mondiale de l'Energie) pa Međunarodna konferencija za dalekovode visokog napona *CIGRE* u Parizu (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension) i Međunarodna komisija za elektroprivredu *IEC* u Ženevi (International Electrical Commission) bave se samo okvirno pitanjima pogona elektrana i mreže, uslijed čega imaju manje dodirnih tačaka s *UCPTE*. Osim toga *UCPTE* nastoji da ne preuzme studij ni jednog problema kojim se već bavi neka druga od spomenutih organizacija. Prije nego što uzme u obradu bilo koje otvoreno pitanje *UCPTE* se stavlja u vezu s organizacijama koje se bave ovakvim ili sličnim pitanjima.

3. POSLOVANJE UCPTE

UCPTE pokriva široko elektroenergetsko područje od Hamburga do Messine i od Pirineja do Tise s ogromnom snagom od preko 80 milijuna kW i proizvodnjom od nešto ispod 300 milijardi kWh. Od toga se proizvodi 59 % u termoelektranama a 41 % u hidroelektranama (tablica 1 i 2). Međutim struktura ove proizvodnje po pojedinim regionima je vrlo različita što upravo i uvjetuje živu razmjenu električne energije.

Na jednoj strani su ugljeni regioni s pretežnom termoproizvodnjom kao Ruhr u Donjorajnskoj nizini s godišnjom proizvodnjom od oko 125 milijuna tona, zatim Saar* s godišnjom proizvodnjom od oko 16

* Zbog Saara je 1953. stvorena Evropska zajednica ugljena i čelika tzv. *Montanunija*. Saar je 1. januara 1957. ponovo ujedinjen s Njemačkom.

Razvoj kapaciteta akumulacionih hidroelektrana zemalja UCPTE u razdoblju od 1955. do 1960. — Tablica 7

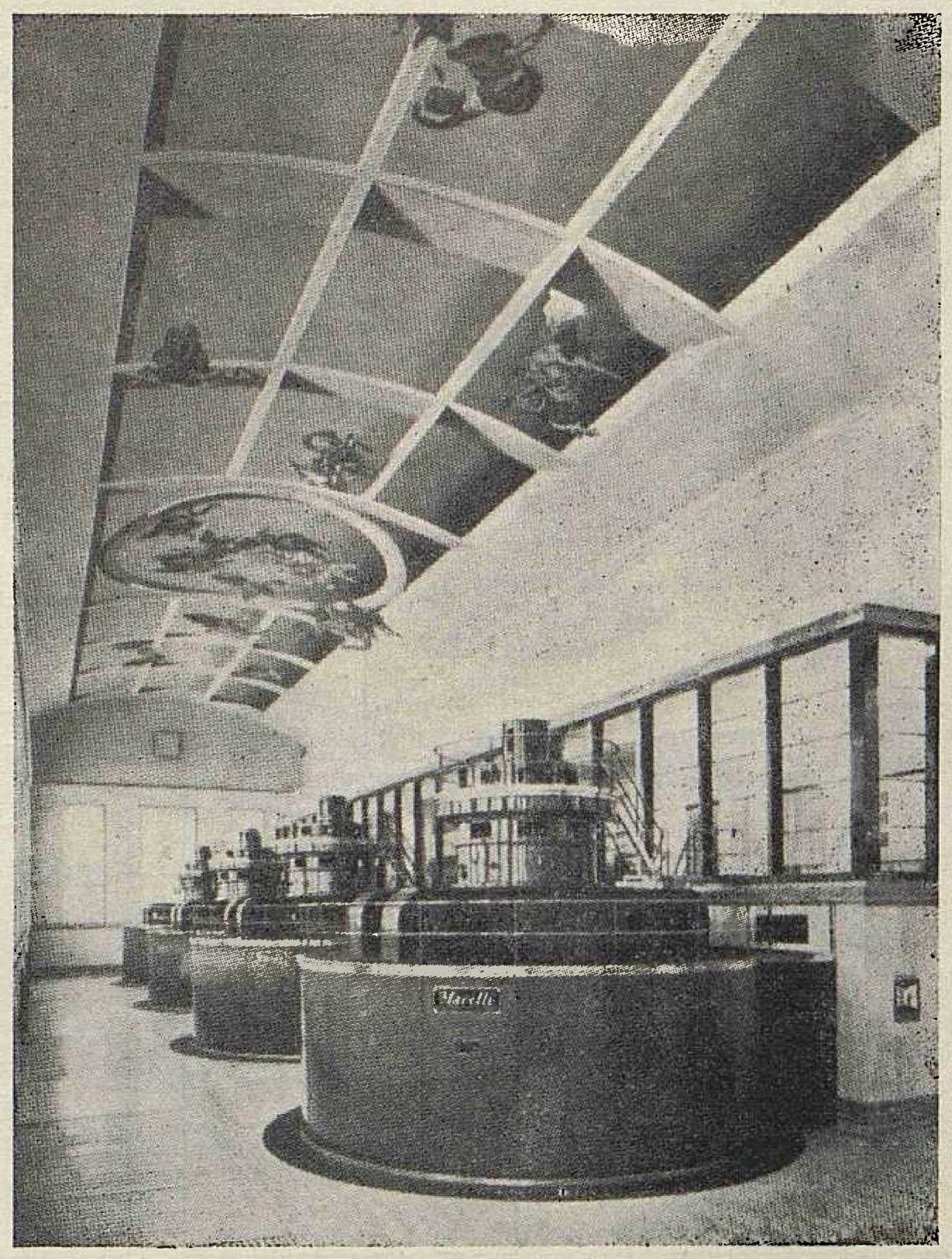
Zemlja	Moguća akumulacija		Prirast 1955/1956.		Moguća prosječna godišnja proizvodnja hidroelektrana (IX. 1959. do. VIII. 1960.)	Odnos moguće akumulacije i prosječne godišnje proizvodnje
	30. 9. 1955.	30. 9. 1960.				
	TWh	TWh	TWh	%	TWh	%
	a	b	c = b — a	c : a	d	b : d
Austrija	0,64	1,02	0,38	+ 59	10,94	9,3
Belgija	—	—	—	—	—	—
Francuska	3,15	4,32	1,17	+ 37	32,46	13,3
Italija	4,49	5,92	1,43	+ 32	34,82	17,0
Luksemburg	—	—	—	—	—	—
Nizozemska	—	—	—	—	—	—
Švicarska	1,94	4,09	2,15	+ 111	19,23	21,3
Zap. Njemačka	0,21	0,21	—	—	10,13	2,1
Ukupno	10,43	15,56	5,13	+ 49	107,58	14,5

milijuna tona, pa ogranci Ardena u sjevernoj Francuskoj s godišnjom proizvodnjom od oko 35 milijuna tona, zatim južni dio srednje Belgije i prijelaz prema Ardenima s godišnjom proizvodnjom od oko 30 milijuna tona i konačno nizozemska regija Limburg s godišnjom proizvodnjom od oko 12 milijuna tona ugljena. Na ovim područjima postoje ogromne zalihe goriva, u Ruhru 54 milijarde tona, u Saaru 8 milijardi tona, u spomenutom dijelu Belgije 11 milijardi tona itd. Ovakav raspored ugljena utjecao je i na strukturu proizvodnje električne energije zemalja *UCPTE.**

Od svoje ukupne proizvodnje električne energije Zapadna Njemačka proizvodi 88 %, Francuska 44 %, Belgija 99 % i Luksemburg 100 % termoenergije (tablica 2).

Na drugoj strani su regioni s bogatim hidroenergetskim potencijalom kao alpski region,** Centralni masiv*** i Pirineji, odlučujući za strukturu proizvodnje električne energije odgovarajućih zemalja *UCPTE*. Tako od svoje ukupne proizvodnje električne energije Švicarska proizvodi 99 %, Austrija 76 %, Italija 84 % i Francuska 56 % hidroenergije.

Hidroenergetski potencijal ovih regiona iznosi — prema podacima *OEEC* — oko 207,5 milijardi kWh od čega je u 1960. iskorišteno 130,1 milijardi kWh ili 63 %. Raspored ovog potencijala i njegovog iskorištenja po pojedinim zemljama *UCPTE* izgleda ovako:



Sl. 6. *Italija.* Hidroelektrana Soverzene

Država	Hidroenergetski potencijal		Proizvodnja (na pragu) 1960.		Iskorištenje
	TWh	%	TWh	%	%
Austrija	40,0	19	11,8	9	30
Francuska	67,5	33	40,6	31	60
Italija	50,0	24	46,1	35	92
Švicarska	27,0	13	18,8	15	70
Zapadna Njemačka	23,0	11	12,8	10	56
Ukupno	207,5	100	130,1	100	63

Ljetnih mjeseci kad su povoljne hidrološke prilike, hidroelektrane proizvode punim kapacitetom pa regioni Alpa, Pirineja i Centralnog masiva isporučuju svoje viškove proizvodnje termoenergetskim regionima dok zimi kod niskog vodostaja kad je proizvodnja hidroelektrana svedena na minimum, izravnanje potražnje električne energije preuzimaju termoelektrane.

Promet električne energije između zemalja *UCPTE* odvija se na temelju ugovora odnosnih elektroprivrednih poduzeća na tri načina i to [5]:

1. kao garantirane dugoročne isporuke,
2. kao razmjena i
3. kao nepredviđene dobave: prigodne, u slučajevima izvanrednih dotoka vode, i ispomoćne, u slučajevima nužde.

Garantirane dugoročne dobave se vrše po ugovorenom režimu na dulji rok. Takvi se ugovori sklapaju uglavnom za isporuku energije iz onih hidroelektrana čiju izgradnju djelomično financira zemlja-kupac električne energije, jer zemlji-prodavaču u tom periodu nije potrebna cijela količina proizvodnje. Npr. takav je dugoročni ugovor sklopljen između austrijskog elektroprivrednog poduzeća *Vorarlberger Illwerke AG*, kao isporučioca i dvaju njemačkih elektroprivrednih poduzeća: *Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG* i *Energie-Versorgung Schwaben AG*, kao kupaca električne energije. Dobavljač isporučuje kroz ugovoreno vrijeme $^2/_3$ proizvodnje kupcima po ugovorenim troškovima proizvodnje.****

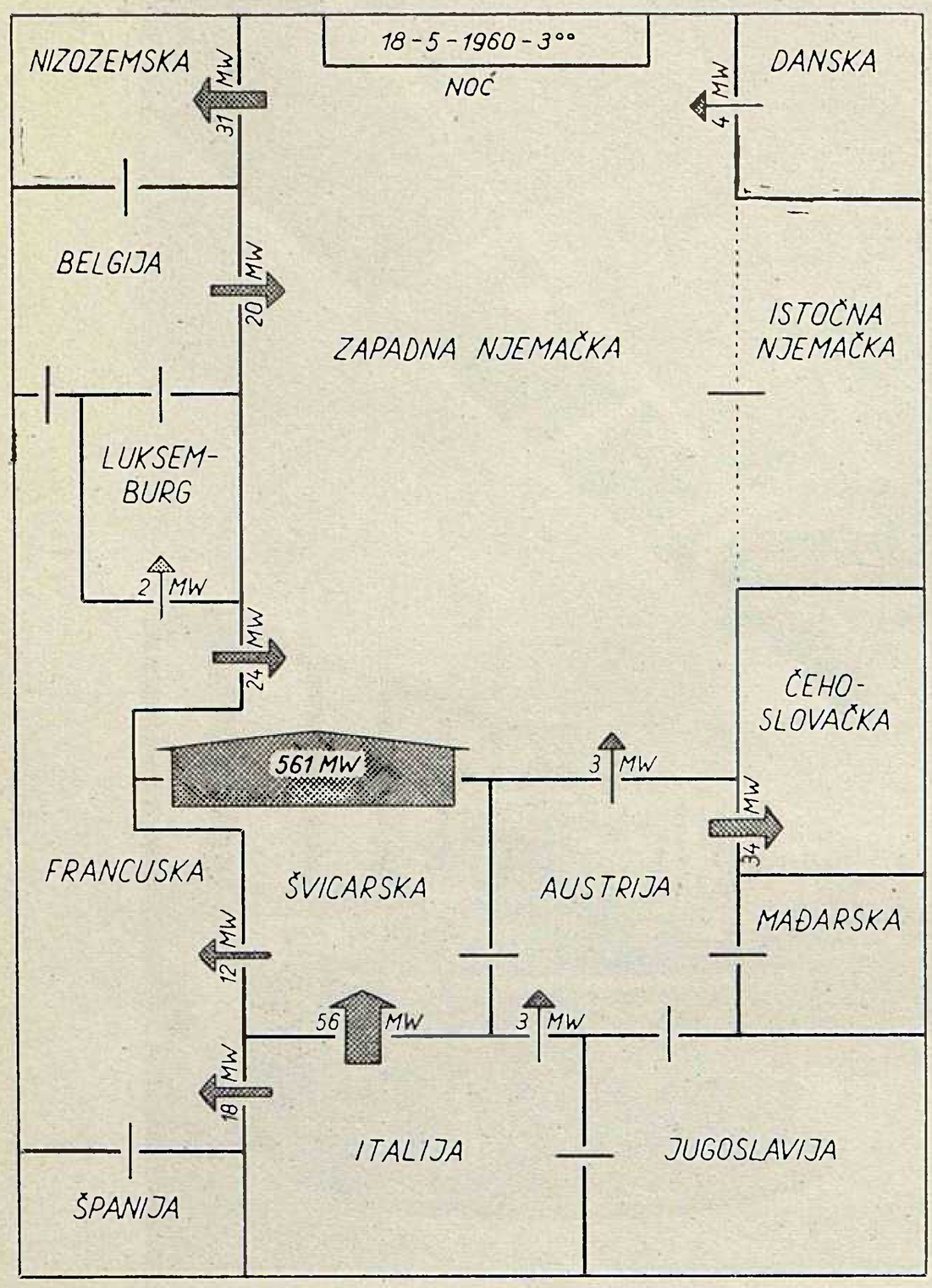
---

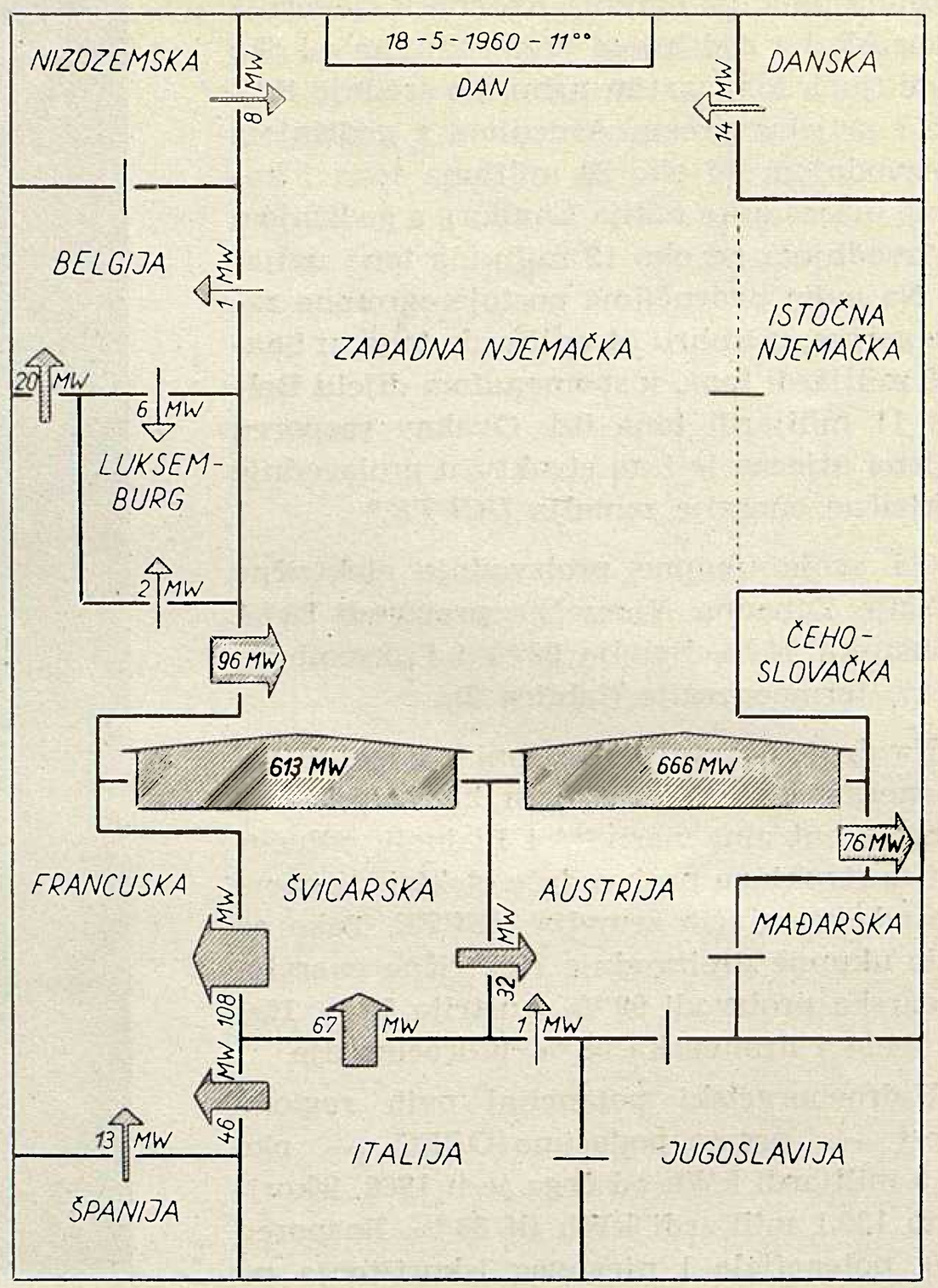
* U novije vrijeme eksploatira se i zemni plin u Italiji, čija je proizvodnja od 41,889.000 kubnih metara iz 1945. porasla na 4,466.401.000 kubnih metara u 1956, što svedeno na uvjetno gorivo vrijedi 6,5 milijuna tona ugljena ili 4 milijuna tona nafte. Kubni metar zemnog plina je po svojoj kalorijskoj moći jednak 1,5 kilogramu ugljena te daje istu količinu kalorija (9.500) kao 1 kg nafte.

** U Francuskim Alpama sagradio je inženjer Aristide *Berges* prvi put u Francuskoj i u svijetu hidroelektranu, odakle se ovaj izum prenio po raznim kontinentima (*Geografija svijeta*, Sloga Zagreb, knjiga prva, strana 198).

*** To je visoravan sa skupom planinskih nizova i najveće izvorište voda u Francuskoj s oporom klimom i s mnogo kiše. (Brdo Aigoual na zapadnom kraju planinskog niza Cévennes, ima najviše kiše u Francuskoj: 2175 mm).

**** Sličnih ugovora ima i između drugih zemalja izvan *UCPTE*. Npr. između Norveške i Švedske pa Norveške i SSSR (vidi Daniel Feöcze, *Norveška elektroprivreda*, Energija, 10 (1961), 3—4).





Sl. 7. Razmjena snage između zemalja članica UCPTE ljeti 1960.

Razmjena električne energije ugovara se uglavnom za kraće vremensko razdoblje. Električna energija se ne plaća već se po određenom ključu vraća u određeno vrijeme.

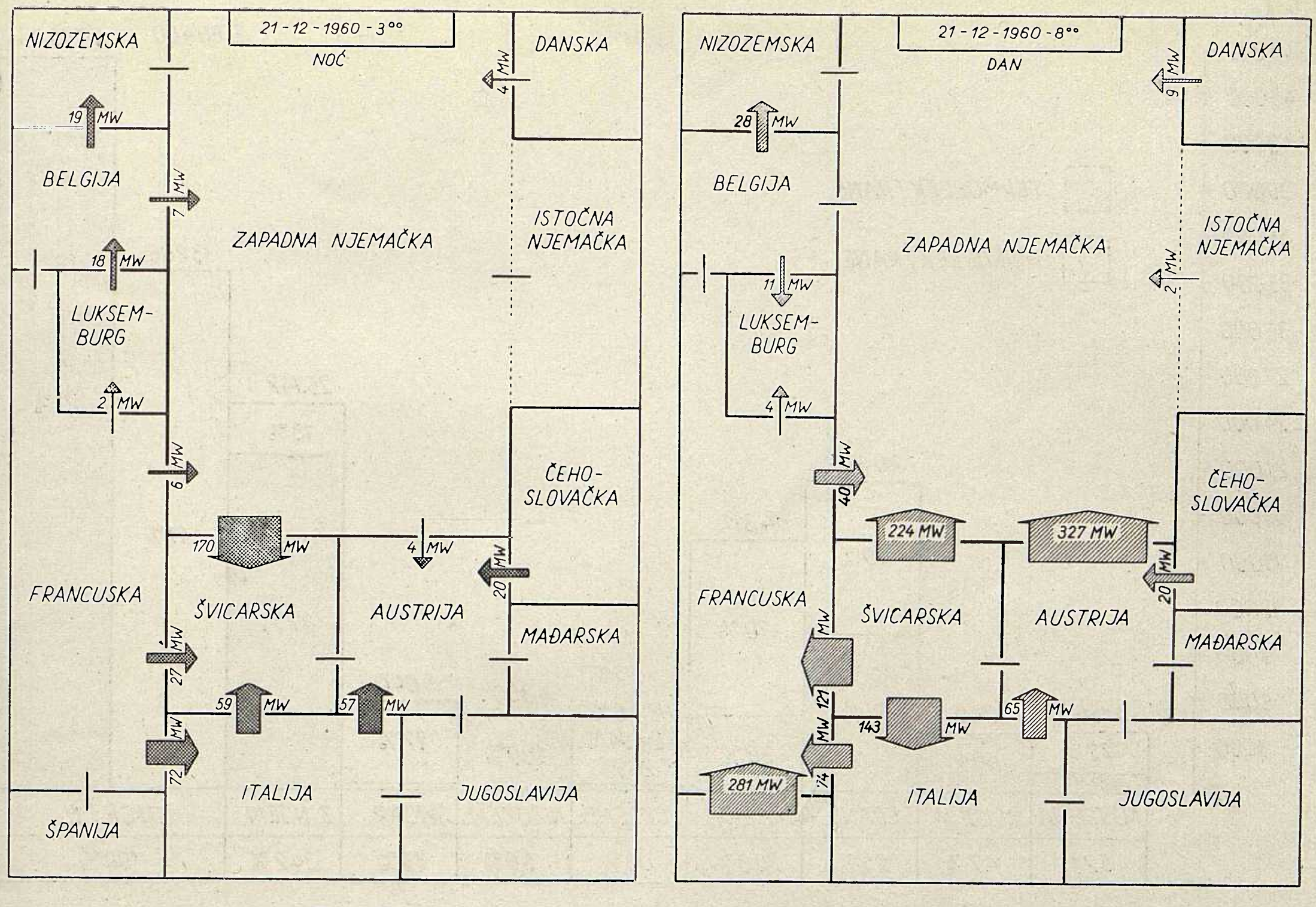
Proizvodnju termoelektrana moguće je prilagođivati kolebljivoj potražnji električne energije, dok naprotiv proizvodnja hidroelektrana — ako se zanemare mogućnosti akumulacije — zavisi od protoka vode. Zemlje s pretežnim dijelom hidroelektrične proizvodnje imaju zbog toga povremeno ili mnogo ili malo električne energije. Ove varijacije se povoljno izjednačuju međudržavnom kooperacijom proizvodnje i razmjenom električne energije. Pretičak vodnih snaga hidroenergetskih regiona svakodobno se iskorišćuje za djelomično pokriće potražnje konzuma termoenergetskih regiona, čime se ušteđuje mnogo ugljena. Obrnuto se događa u nepovoljnim hidrološkim prilikama, kad hidroenergetski regioni ne mogu proizvodnjom svojih hidroelektrana pokriti zahtjeve konzuma, pa ih u pokriću opterećenja pomažu termoenergetski regioni [1].

Pregled značajnijih akumulacionih hidroelektrana zemalja UCPTE s mogućom proizvodnjom većom od 100 GWh/god. stavljenih u pogon između 1956. i 1960.

Tablica 8

Zemlja	Snaga MW	Proizvodnja GWh	Akumulacija GWh	Godina
Austrija				
Lünersee	145	152	209	1957.
Francuska				
Granval	65	140	265	1959.
Serre - Ponçon	160	630	331	1960.
Roselend	166	260	187	1960.
Italija				
Boazzo	96	147	180	1958.
Švicarska				
Grande Dixence	270	375	375	1957/59.
Mauvoisin	353	755	562	1956/58.
Lienne	54	150	132	1957.
Gougra	155	317	272	1958/59.
Zervreila	206	385	244	1958.
Bergell	140	414	180	1959/60.

Pored protočnih hidroelektrana, bez ikakovih mogućnosti izravnanja dotoka vode i protočnih hidroelektrana s mogućnošću dnevnog do tjednog izravnanja, zemlje *UCPTE* imaju i akumulacione hidroelektrane za sezonska, odnosno i višegodišnja izravnanja dotoka vode. Pretežni dio akumulacionih hidroelektrana nalazi se u alpskom regionu. One imaju posebni značaj u kooperativnoj proizvodnji zemalja *UCPTE*, jer su odlično sredstvo za izravnanje sezonskih kolebanja proizvodnje hidroelektrana s obzirom na pokriće vršnih opterećenja, zatim za regulaciju frekvencije i, konačno, one su i sigurna rezerva koja može u kritičnom času, u slučajevima ispada ili iznenadnog porasta konzuma, preuzeti odgovarajuće opterećenje [6]. Austrija i Švicarska, na primjer, sa svo-



Sl. 8. Razmjena snage između zemalja članica UCPTE zimi 1960.

jim bogatim akumulacijama, u stanju su svoju dnevnu pa čak i vršnu energiju mijenjati za noćnu [5].

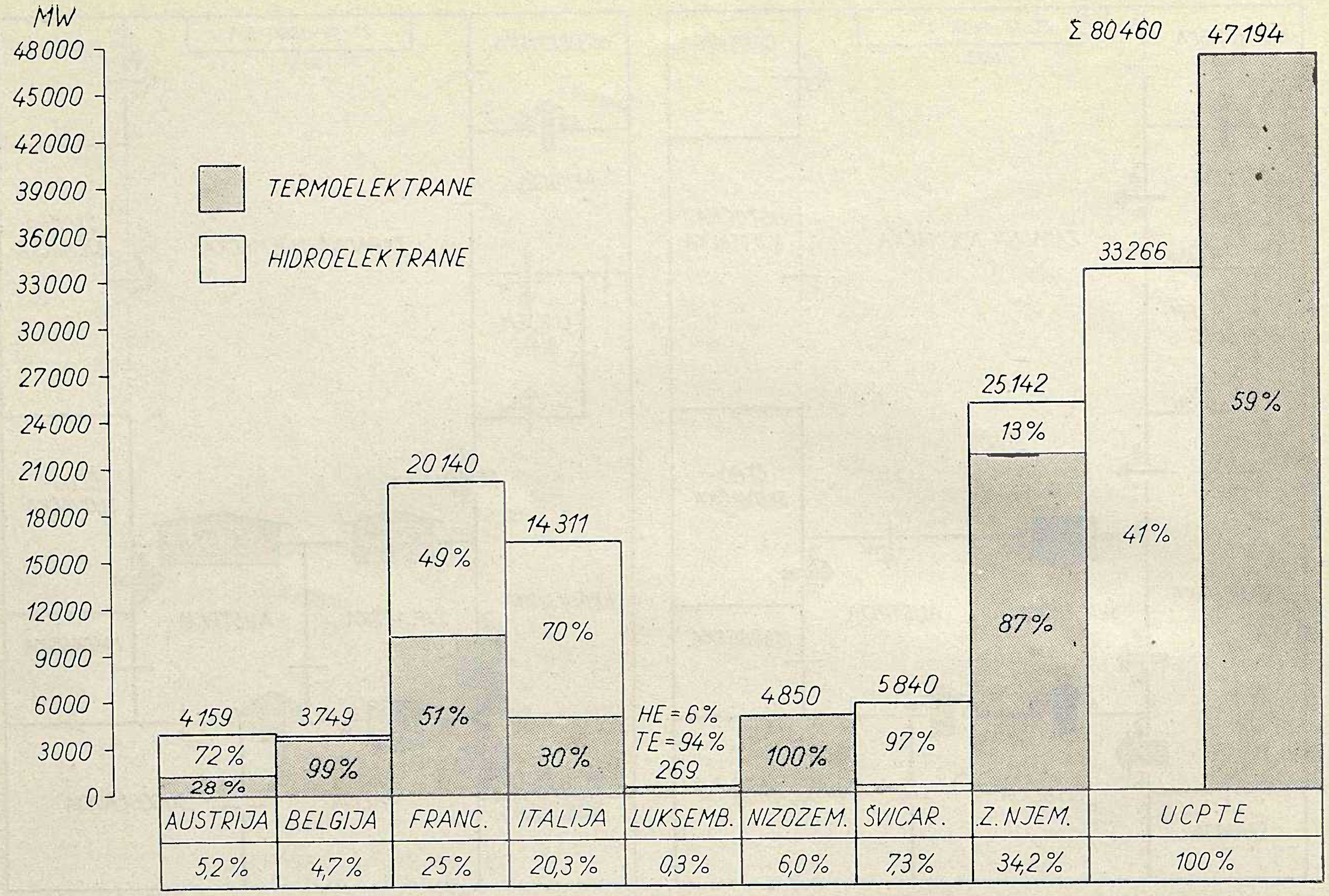
Razvoj kapaciteta akumulacionih hidroelektrana zemalja *UCPTE* u razdoblju od 1955. do 1960. prikazan je na tablici 7. Prirast kapaciteta akumulacije u ovom razdoblju iznosi 5,13 TWh u kojem ima najveći udio Švicarska s 2,15 TWh, zatim Italija s 1,43 TWh, pa Francuska s 1,17 TWh i konačno Austrija s 0,38 TWh. Pregled značajnijih akumulacionih hidroelektrana izgrađenih u razdoblju od 1956. do 1960. dan je na tablici 8 [6].

Kod sezonskih izravnavanja, hidroenergetski regioni razmjenjuju ljetnu proizvodnju svojih elektrana za zimsku proizvodnju termoenergetskih regiona. Osim toga, nejednake hidrološke karakteristike sjevernih i južnih regiona (Francuska—Španjolska; Austrija—Jugoslavija) su osnovica i za razmjenu sezonske hidroelektrične energije, zimske za ljetnu i obratno. Npr. Electricité de France preuzima zimi električnu energiju iz hidroelektrana Španjolske a vraća joj ljetnu proizvodnju svojih hidroelektrana.

Zemlje hidroenergetskih regiona su u znatnoj mjeri ovisne o klimatskim prilikama a ove prilike su izložene stalnim i teško predvidivim promjenama. Rijedak je slučaj da zemlje ovih regiona samo izravnaju svoje viškove i manjkove pa se je zbog toga i mogla razviti međudržavna kooperacija proizvodnje i razmjena električne energije. Stalni porast razmjene električne energije dokaz je uspješnosti poslovanja *UCPTE*. Za razdoblje od 1951. do 1959, stopa porasta razmjene u tim zemljama veća je od stope porasta potrošnje električne energije. Pri tome je porast razmjene maksimalne snage veći od porasta razmjene radne energije.

U prvoj godini rada razmijenjeno je oko 2,8 milijardi kWh. Pri tome su zemlje *UCPTE* raspolagale na kraju 1952. s preko 45.300 kW instalirane snage elektrana (od toga 46 % hidroelektrane) i proizvodile na pragu elektrana 146,5 milijardi kWh (od toga 48 % hidroelektrane). Na kraju 1960. promet električne energije između zemalja *UCPTE* iznosi oko 10 milijardi kWh i još 1 milijardu kWh s drugim susjednim zemljama (tablica 4), odnosno 4 puta više nego u godini osnutka, dok se u to vrijeme instalirana snaga elektrana povećala samo za oko 1,8 puta (na 80.460 MW), a proizvodnja na pragu elektrana samo za oko 2 puta (na 299,4 milijardi kWh). Izraziti izvoznici su Austrija i Švicarska dok je Zapadna Njemačka glavni uvoznik električne energije (tablica 5 i 6).

Tranzit električne energije je vrlo živ. Danas se bez ikakovih carinskih i deviznih poteškoća može isporučivati električna energija bilo iz Belgije u Švicarsku bilo iz Austrije u Nizozemsku, jer je Savjet ministara *OEEC* prihvatio 30. marta 1953. prijedlog *UCPTE* o liberalizaciji prigodne razmjene električne energije a vlade država-članica su ove zaključke provele u život. Na električnu energiju ne plaća se carina a kWh se mijenja za kWh uz primjenu korek-



Sl. 9. Veličina i struktura instalirane snage zemalja članica UCPTE u 1960.

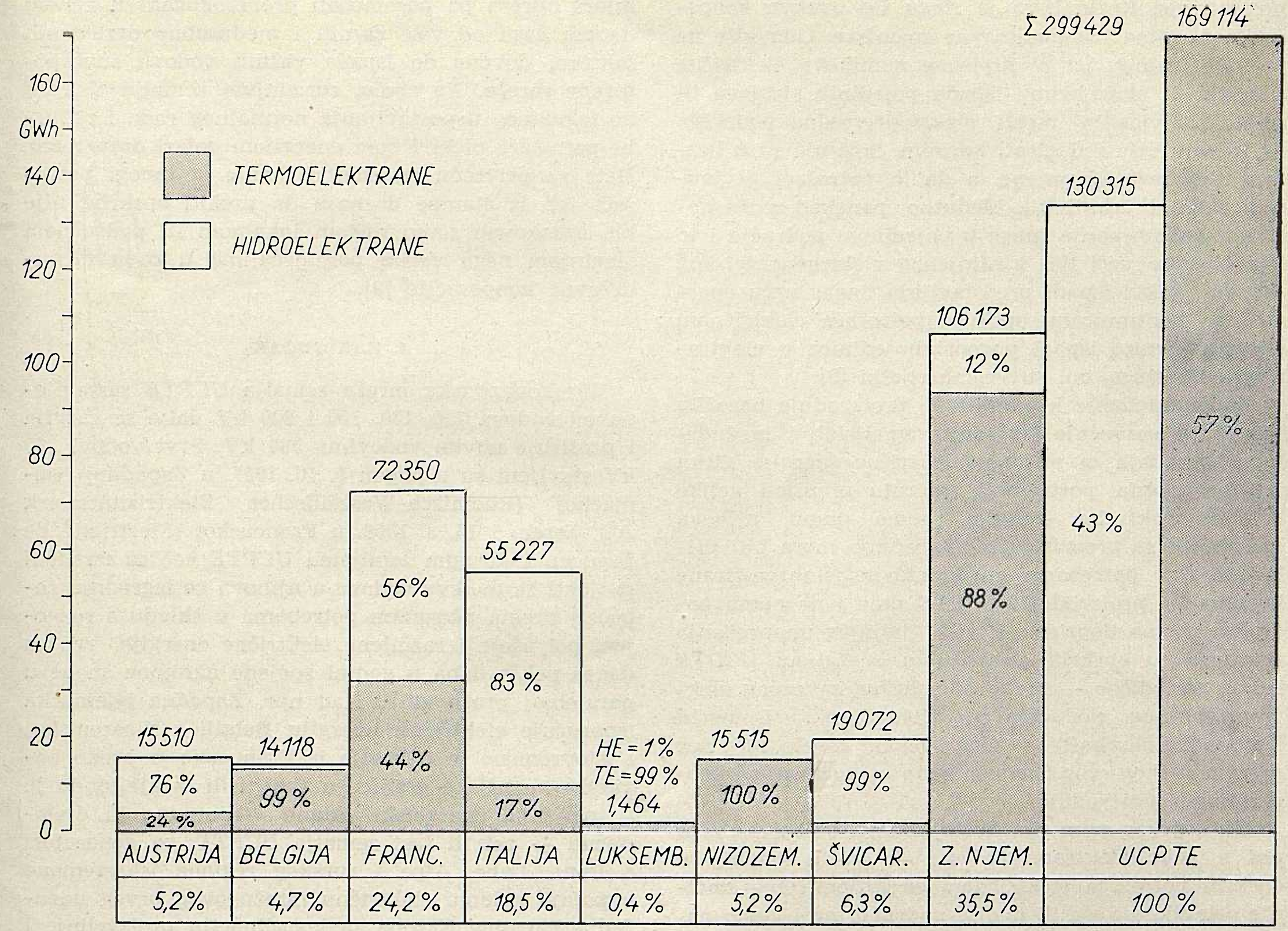
cionih faktora. Samo saldo energije plaća se devizama. Savjet ministara *OEEC* je u niz navrata dao preporuku za produljenje ove liberalizacije.

Dugoročni, višegodišnji, međudržavni promet električne energije odvija se na temelju odobrenih ugovora, dok se kratkoročni promet tj. onaj u razdobljima od 6 mjeseci odvija izvan svakog kontingenta u okviru unaprijed odobrenih paušala. S odobrenjima se istovremeno rješavaju i pitanja deviznih plaćanja, ukoliko ih ima. Smatra se da je ova liberalizacija mnogo doprinijela razvoju međudržavne kooperativne proizvodnje.

Stalnim usavršavanjem prijenosne mreže i tehnike kooperativnog pogona, povećavala se, paralelno s povećanjem međudržavne razmjene, i sigurnost opskrbe električne energije svih država-članica. Uskom suradnjom najboljih stručnjaka zemalja *UCPTE* pronalaze se i provode u djelo razna tehnička usavršavanja i racionalizacije na svim područjima rada.

Nepredviđene prigodne dobave električne energije vrše uglavnom hidroenergetski regioni u vrijeme izvanrednih dotoka vode. Oni isporučuju svoju hidroproizvodnju termoenergetskim regionima, koji za to vrijeme obustavljaju proizvodnju svojih termoelektrana. Npr. Austrija je ljeti 1958. imala u toku nekoliko tjedana višak hidroenergije. Nizozemska je zbog ljetnog remonta svojih termoelektrana bila voljna povući električnu energiju iz drugih regiona. Električna energija je pošla iz Austrije preko Sv. Petra u bavarsku zemaljsku mrežu gdje je bila i potrošena. Bavarska je za toliko manje preuzela energije iz Porajnja u Aschaffenburgu. Ovako rasterećeno Rajnsko—Vestfalsko elektroprivredno poduzeće moglo je isporučiti električnu energiju Nizozemskoj. Na taj način, posrednim putem Nizozemskoj su isporučeni prigodni višci hidroproizvodnje Austrije. Dakle prigodne a i ispomoćne isporuke električne energije ne vrše se samo neposredno između pograničnih, nego i posredno između svih zemalja *UCPTE*. Pored toga, pojedine zemlje *UCPTE* posluju i s elektroprivredama susjednih zemalja kao na pr. Austrija i Italija s Jugoslavijom, Francuska sa Španjolskom.

Osobito je važna međusobna ispomoć u izvanrednim slučajevima. Iznenadni ispadi pogonskih jedinica pojedinih velikih elektrana te izvanredne suše i smrzavice ne mogu više ozbiljno ugroziti opskrbu električnom energijom bilo kojeg područja zemalja *UCPTE*, jer se ova u energetskim neprilikama mogu osloniti na pomoć svojih susjeda i drugih zemalja i to odmah, bez posebne suglasnosti njihovih nadležnih institucija državne uprave. Za ovakve kratkoročne dobave električne energije dovoljan je telefonski dogovor udruženih poduzeća, koja su preko svojih elektroenergetskih dispečerskih službi u stalnoj međusobnoj vezi. Brzu poslovnost omogućuje s jedne strane provedena liberalizacija međunarodnog prometa električne energije a s druge strane dobri sporazumi između poduzeća-kooperanata. Sporazume izvršuju ljudi koji se međusobno dobro poznaju a u svojim poduzećima i zemljama zauzimaju kompetentne položaje.



Sl. 10. Obujam i struktura proizvodnje na pragu elektrana zemalja članica UCPTE u 1960.

Kod kratkoročne razmjene električne energije, vrijeme je značajnije od volumena isporuke [1]. Npr. uslijed pregorijevanja kabela u jednoj elektrani u Koruškoj, trebalo je za koju minutu zaustaviti rad strojeva. U Austriji bi time ispala iz proizvodnje snaga od 60.000 kW i to baš u času vršnog opterećenja. Zbog posljedica jakih mrazeva, Austrija je u to vrijeme iskoristila već sve svoje rezerve pa je zatražena pomoć iz München—Karlsfelda. Ovdje su s obzirom na hitnost odmah mobilizirane raspoložive rezerve — prije svega one u hidroelektrani Walchensee kod Kochela i pumpno-akumulacionoj hidroelektrani Reisach kod Oberfalza. Za nekoliko minuta stvar funkcionira pa električna energija prelazi tokom dva dana državnu granicu u željenim satima i količinama. Austrija je trećeg dana uklonila defekt pa je bila u stanju pokriti svoje opterećenje. Isto tako je izvanredno suha jesen 1953. godine prouzrokovala u zimskim mjesecima poteškoće bavarskoj elektroprivredi, ali ispomoćnim isporukama Italije (pored onih iz područja Rajne) u periodu od novembra 1953. do januara 1954. moglo se držati dano opterećenje bez nekih spomena vrijednih ograničenja. Obratno je npr. bilo izvanredno hladnog februara 1956, kad su Austrija, Italija i Švicarska dospjele u težu situaciju. Ovog je puta pored ostalih zemalja značajnu pomoć pružila Zapadna Njemačka (Rajnsko-Vestfalsko elektroprivredno poduzeće a i Bavarska), unatoč težoj energetskoj situaciji na području Bavarske.

U takvim ispomoćnim isporukama električne energije sudjeluje ponekad više poduzeća raznih zemalja. Hidroelektrana Laufenburg iz sjeverne Švicarske zatražila je jednom prilikom ispomoćnu isporuku od Bavarskog elektroprivrednog poduzeća. Direktna veza s interesentom bila je već angažirana drugim isporukama. To međutim nije predstavljalo nikakovu zapreku za davanje pomoći, jer je Laufenburg dobio bavarsku energiju zaobilaznim putem preko Tirola, sjeverne Italije i južne Švicarske.

Kada ne bi bilo međudržavne kooperacije proizvodnje električne energije, trebalo bi ulagati ogromna sredstva u rezervna postrojenja pojedine zemlje, a ta bi velikim dijelom bila neiskorištena.

Zimsko maksimalno opterećenje snaga *UCPTE* u paralelnom radu premašuje 40 milijuna kW. Praksom je dokazano da ispadi i najvećih pogonskih jedinica pa i cijelih elektrana od više stotina MW ne mogu bitno utjecati na pogon ovako moćnog elektroenergetskog sistema. Međutim isti ispadi u mreži pojedine zemlje izazvali bi raspad njenog sistema ukoliko ne bi imala osiguranu odgovarajuću rezervnu snagu.

Kooperacija više elektroprivreda daje izvanredne ekonomske koristi pa danas tako reći više i nema opskrbe električnom energijom izvan kooperativne

proizvodnje. Razumljivo je stoga što ovakva kooperacija zauzima i međudržavne razmjere. Ona više ne poznaje trajnije pa ni prolazne manjkove električne energije. U slučajevima ispada pojedinih strojeva ili smetnji u vlastitoj mreži, elektroprivredna poduzeća ne trebaju više reducirati konzum. Smetnje su u bezbroj slučajeva uklonjene, a da ih potrošači ili javnost nisu ni primijetili. Međutim, ponekad može nastupiti pomanjkanje snage u pojedinom području i to kad ispadne veći dio ujedinjenog elektroenergetskog sistema. Takvi ispadi predstavljaju danas veću opasnost po kontinuiranu opskrbu potrošača električnom energijom nego ispadi pogonskih jedinica u elektranama. Na sreću, oni su veoma rijetki [9].

Za unapređenje kooperativne proizvodnje naročita pažnja se posvećuje izgradnji zemaljskih i međudržavnih uređaja za prijenos električne energije. Osim što prijenosna postrojenja moraju prenijeti velike količine električne energije prema planu, njihova sposobnost za preuzimanje opterećenja mora biti prilagođena i potrebama međudržavne sinhronizirane kooperacije proizvodnje. *UCPTE* daje i na ovom području znatan doprinos. U cilju daljnjeg unapređenja sigurnosti u opskrbi električnom energijom *UCPTE* izdaje periodično — preko Njemačkog saveznog elektroprivrednog poduzeća u Heidelbergu (Deutsche Verbundgesellschaft) — plan pogona mreže najvišeg napona svakog svog člana sa svim mogućnostima kooperativne proizvodnje.

No usprkos svim tim nastojanjima, dolazi po neki put u svim elektroprivredama do većih smetnji u opskrbi potrošača električnom energijom. Ove smetnje ostavljaju veća ili manja područja pa i gusto naseljene gradove stanovito vrijeme bez električne energije. To dokazuje da sva predviđanja i sve mjere opreza imaju svojih granica.

Tako je npr. 1954. godine [9] zabilježen u Francuskoj veći prekid opskrbe električnom energijom na cijelom sjevernom području zajedno s Parizom. Slično se dogodilo 1955. u Austriji, kad je Beč bio puni sat bez električne energije. Isto tako je 1959. veliki dio New Yorka (koji se snabdijeva gotovo isključivo proizvodnjom vlastitih elektrana pa je prema tome nezavisan od pogonskih prilika elektroenergetskog sistema) bio 13 sati bez električne energije. U Zapadnoj Njemačkoj je — nakon dulje stanke od 8 godina — zabilježen veći zastoj u radu elektroenergetskog sistema no potrošači ga nisu ni primijetili jer su uskočile vlastite rezerve i pomoć zemalja *UCPTE*. Počevši od 1933. švedski elektroenergetski sistem ima 2 do 3 ispada godišnje.

Veoma je korisno voditi stalnu sistematsku evidenciju zastoja u kooperativnoj proizvodnji. Na temelju pouka dobivenih analizama, mnogi zastoji se mogu preduhitriti ili vremenski skratiti. Pored toga bit će poznato na kojim mjestima treba pojačati mrežu kako bi se izbjeglo preopterećenje u pojedinim točkama, odnosno koji dio međusobnih ugovora o tehničkim normama treba nadopuniti ili proširiti. U okviru *UCPTE* se proučavaju nastali zastoji i donose preporuke i odluke za usavršavanje zajedničke superponirane mreže i njezinog pogona.

Nepredvidivi stjecaj niza neuobičajenih okolnosti i događaja anulira sve stalno i brižno primjenjivane mjere opreza pa poremećaji prouzrokovani u nekom danom času od više raznih i međusobno nezavisnih faktora, dovode do ispada važnih vodova superponirane mreže. Na sreću, suradnjom zemalja *UCPTE* do ponovnog uspostavljanja normalnog rada i opskrbe potrošača električnom energijom dolazi dosta brzo, štete za privredu su znatno manje, a mnogi potrošači tek iz štampe doznaju da prekid opskrbe nije bio uzrokovan samo nekom lokalnom ili područnom smetnjom nego većim poremećajima u radu međudržavne kooperacije [9].

4. ZAKLJUČAK

Visokonaponska mreža zemalja *UCPTE* sastavljena od vodova 110, 130, 150 i 220 kV dalje se razvija i proširuje novim vodovima 380 kV. Prvi vodovi 380 kV stavljeni su u pogon 5. 10. 1957. u Zapadnoj Njemačkoj (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen) i 15. 3. 1958. u Francuskoj (Electricité de France). U drugim zemljama *UCPTE* već su izrađeni projekti za ovakve vodove a njihova će izgradnja započeti prema ukazanim potrebama u skladu s razvojem potrošnje i razmjene električne energije. Već su danas nekih dana u godini spojene ogromne snage u paralelnoj proizvodnji. Kad npr. Zapadna Njemačka isporučuje električnu energiju Belgiji i Nizozemskoj i istovremeno je dobavlja iz Francuske, a preko bavarsko-austrijske granice u Italiju ili iz nje, onda je u tom času energetski vezano — potpuno ili djelomično — pet ili šest zemalja *UCPTE*, pa generatori s Rone, Labe, Alpa i rurskog regiona istovremeno napajaju golemu električnu mrežu ovog prvog udruženja Zapadne Evrope za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije.

Kao što željezničke pruge spajaju razne zemlje i kao što željeznice raznih zemalja obavljaju svoj saobraćaj po međunarodno usklađenom voznom redu, slično tome državne granice prelaze i vodovi visokog napona i prema utanačenom voznom redu prenose električnu energiju i snagu. Zahvaljujući organizaciji *UCPTE* ostvarena je međunarodna sinhronizirana kooperacija proizvodnje i to bez političke integracije i bez učešća bilo kakve supranacionalne institucije [1].

U toku proteklih 10 godina *UCPTE* je postigao značajne uspjehe na unapređenju kooperativnog pogona i međunarodne razmjene električne energije. Količina razmjene iznosi 3,3 % od količine potrošnje. Ne treba međutim očekivati da će u tom odnosu doći do neke značajnije promjene jer svaka država-članica nastoji pokriti svoje potrebe vlastitom proizvodnjom, a mogućnost razmjene na veće udaljenosti u većem obimu, ekonomski je ograničena i troškovima prijenosa električne energije.

Literatura

[1] *Wesen, Aufgaben und Erfolge der UCPTE,* Sekretariat der UCPTE, Heidelberg.
[2] *Rapport annuel 1960/1961,* UCPTE.
[3] *Bulletin trimestriel III/1960,* UCPTE, Laufenburg (Schweiz).
[4] *Bulletin trimestriel II/1961,* UCPTE, Laufenburg (Schweiz).
[5] Dipl. Ing. Rene Hochreutiner, *Der internationale Stromaustausch,* ÖZE br. 5 (1961).
[6] Dr. Ing. E. h. Leonard Wolf, *Die Speicher- und Brennstoffvorräte in den Kraftwerken der UCPTE-Länder,* ÖZE br. 5 (1961).

[7] Jacques de Schetzen, *Activité du groupe de travail des centrales thermiques,* ÖZE br. 5 (1961).

[8] Dipl. Ing. Dr. techn. L. Bauer, *Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe für Betriebsfragen,* ÖZE br. 5 (1961).

[9] Dipl. Ing. Wilhelm Fleischer – Dr. Ing. Georg Boll, *Der Beitrag der UCPTE zur Vervollkommnung des Verbundbetriebes,* Elektrizitätswirtschaft br. 2 (1961).

[10] Dragutin Kostanjšek, *Pregled i uspoređenje glavnih parametara elektroprivrede evropskih i sjeveroameričkih država u poslijeratnom periodu,* Institut za elektroprivredu Zagreb.

[11] Dipl. oec. Daniel Feöcze, *Ekonomski odnosi elektroprivrede,* Elektroprivreda br. 9 (1961).

[12] *Annual Bulletin of Electric Energy for Europe 1961,* UN, Geneve 1961.

Naslov pisca: Dipl. oec. Daniel Feöcze, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

SUMMARY

UCPTE – Integration of electricity supply industry of West Europe. The UCPTE is the first international union of West Europe for co-ordination of production and transmission of electricity. It was established on 23 May, 1951, in Paris on the recommendation of the Council of the OEEC ministers, the result of the representative specialists of the big electricity supply industry enterprises of Austria, Belgium, France, Italy, Luxemburg, The Netherlands, Switzerland and West Germany, and their state-representatives. It shows that UCPTE is an association of individuals, not of enterprises and corporations. Assembly is the chief organ of the Union. The president is elected for a term of two years, and each time from another member-country. The country whose representative is elected president organizes the secretariat of the Union and pays the costs. Besides the Assembly both the Restraint Committee and the Enlarged Committee operate. The Restraint Committee, in which enters one representative from each member-country, sets down the agenda of the assembly-session, gives reports on actual problems of UCPTE and gives tasks to particular working groups. All the members of this Committee as well as three or four specialists from each member-country form the Enlarged Committee. The members of the Enlarged Committee have meetings every three months, in which they discuss electro-energetic situation and all the problems and difficulties of electricity-supply. Each committeeman is in detail informed about the difficulties of supply of his neighbouring country. In this way it is known when and where supply of energy is not sufficient and when and where is a sufficiency of it.

The task of UCPTE is the optimum exploitation of the existing and future electro-energetic capacities in production and transmission of electricity on a voluntary-international-co-operation-production basis. Thanks to integration of electricity supply industry enterprises of various energetic regions, economic distribution of strain and of electricity supply industry is generally improved.

Professional questions are dealt with in the working groups, in which the best experts of electricty supply industry from all the eight state-members are elected. There are three working groups, i. e. a group for thermo-electric power generating plants, a group for motivé-power questions and a group for hydro-electric-power questions. These working groups of experts have successfully solved a lot of open technical questions, and so the co-operative motive-power has been greatly bettered. To the most important means that faciliate exchanges of electric energy belongs a unique regulation of frequency, which enables the connection of electro-energetic systems, the delivery and the control of the contracted powers from one country to another at a frequency of 50 Hz. Since 18 June 1958 almost all the power plants of Austria, Belgium, France, The Netherlands, Switzerland and West Germany have worked in parallel production with the power of 31 million kW. Such great power in parallel production has been besides that realized only in the USA and the USSR.

UCPTE works with much flexibility because it has no administrative body. Authoritative agreements can be concluded at the very meetings as directors of leading electricity supply industry enterprises are also represented there. That is a shorter way to the desired goal. The exchange of the electric energy among the states of the UCPTE works on the basis of the contract between electricity supply industry enterprises in thre forms: 1) as garanted long-term supplies, 2) as exchange, and 3) as non-foreseen supplies, i. e. occasional, in case of extraordinary abundance of water, and subsidiary, in case of emergency. The garanteed long-term supply is generally given from those hydro-electric power plants whose building finances in part the country-buyer because in that period the whole quantity of production is not necessary to the country-seller. The exchange of electric energy is concluded for a shorter period. The hydro-energetic regions exchange summer production of their hydro-electric power plants for winter production of the thermo-energetic regions. Besides, the different hydro-characteristics of northern and southern regions are the basis of the exchange of seasonal hydro-electric energy-winter and summer (France-Spain, Austria-Yugoslavia). Electric energy in the exchange is not paid but it is returned according to a given key and in a stipulated time. The non-foreseen occasional supplies of electric energy are generally carried on by the hydro-energetic regions at the time of water-abundance. The subsidiary supplies are executed in case of the working-of-machine units being out of order or because of some other inconvenciences in production and transmission of electric energy. For the short-term supplies of electric energy a telephone call of the associated enterprises, which are permanently in connection through their electro-energetic staters, is sufficient.

The quick activity of the Union is enabled by the liberalization of the occasional exchange of electric energy and good agreements among the co-operative enterprises. On the proposal of the UCPTE, the Ministerial Council of the OEEC gave the first recommendation for the liberalization of occasional exchange of electric energy, which the governments of the state-members have put in practice. So the transit of electric energy has become very intensive, because it is carried on without any customs and currency formalities. Customs duty is not paid and one kWh is exchanged for one kWh with some correction of factors. In the year of the foundation of the Union (1951) about 2,8 milliard of kWh was exchanged. The countries of the UCPTE had, at the end of 1952, over 45.300 MW of the installed power of electric power plants (from that 46 p. c. hydro) and produced, on the thresholds of electric power plants, 146,5 milliard kWh (from that 48 p. c. hydro). At the end of 1960 the exchange of electric energy between the countries of the UCPTE is about 10 milliard kWh, and with other neighbours one milliard more, i. e. 4 times more than it was in the year of the foundation, the installed power was, this time increased for only about 1,8 times (80.460 MW) and the production on the thresholds of the electric power plants only for twice (299,4 milliard kWh). Austria and Switzerland are typical exporters, and West Germany is a principal importer of electric energy.

PROGNOZA I EFEKTI IZGRADNJE I ULAGANJA 1957—1961. U HRVATSKOJ

Radoslav Planić, Zagreb

Ulaganja i izgradnja bili su 22 % opsežniji i veći od predviđenih iz razloga bržeg investiranja i povećanog opsega radova na hidroelektrani Split te početka ulaganja u nove hidroelektrane Dubrovnik i Senj, kao i uslijed većeg opsega razdjelne mreže. Protivno tomu, izgradnja prijenosne i srednjenaponske mreže nije bila obuhvatila sva područja, za koja je to bilo potrebno i moguće. Elektrifikacioni stupanj viši je od očekivanog, no krajnosti su prevelike; gotovo jedna trećina područja je elektrificirana ispod 50 %. Izvršena ulaganja i aktivirana sredstva uklapaju se u ukupne novonabavne vrijednosti sredstava za republičko potrošno područje tako, da su veće instalirane jedinice i racionalnija izvedba smanjile specifične investicije 1946. po raspoloživom kWh za 26,3 % naprama odnosima u 1946. U pogon pušteni izvori 1957 – 1961. u Hrvatskoj prvi puta omogućuju normalnu izmjenu snage i energije umjesto dosadašnje rastuće nabave sa susjednih područja.

DK 621.311.1.003

I ZNAČAJKE PREDVIĐANJA RAZVOJA

Specifičnost je našeg privrednog sistema u povezivanju planske privrede i tržišta s uvjetima društvenog vlasništva nad sredstvima za proizvodnju, te radničkog i društvenog samoupravljanja. To znači da pored centralne odluke i društvenog usmjeravanja postoje i decentralizirane odluke [1, str. 1003].

Ovako postavljeni decentralizirani ekonomski mehanizam treba djelovati unutar društveno određenih planskih okvira i usmjeravanja,. svojom unutarnjom pokretačkom snagom, materijalnim interesom proizvođača i svojim unutarnjim regulatorom aktivnosti proizvođača, tržištem i konkurencijom [1, str. 1004].

Primijenivši ova opće vrijedeća načela na elektroprivrednu granu pokazuje se, da su nastojanja oko jačanja i širenja elektroenergetske baze temeljena na unutarnjoj pokretačkoj snazi elekroprivrednih poduzeća i koordinacionih tijela, te na težnji da se privredni i društveni život određenih područja može brže razvijati na osiguranoj energetskoj podlozi. U tom pravcu konkretizirane potrebe predstavljaju tržište bez specifičnih šansa plasmana, svojstvenih privrednoj djelatnosti ostalih grana. Materijalni interes nije dovoljno izrazit poriv za elektroprivredu.

Uslijed toga, ovdje prikazani plan i usporedba s ostvarenjem predstavlja iskaz potreba i prognozu ostvarenog stupnja razvoja, kako ih je postavila sama elektroprivreda, kao odgovorna temeljna grana, u smislu smjernica, sadržanih u planu privrednog razvoja [2, str. 1044].

Tako izrađen plan ima značaj globalne prognoze i projekcije razvoja.

Njegova izrada odvija se putem međusobnog djelovanja informacija, a njegova je realizacija ovisna o nizu pretpostavljenih činilaca koji su u znatnoj mjeri izvan domena elektroprivrede.

Za izvore i prijenosna postrojenja plan utvrđuje Savezno izvršno vijeće nakon konzultiranja saveznih i republičkih planskih i elektroprivrednih tijela.

Za srednjenaponsku mrežu nerazvijenih područja plan utvrđuje Izvršno vijeće Sabora zbirom godišnjih odluka, nakon konzultiranja republičkih planskih i elektroprivrednih tijela, uz suradnju predstavnika odnosnih kotara i distributivnih poduzeća tih područja.

Srednjenaponska mreža razvija se prema stupnju ostvarenja odluka odnosnih kotara, distributivnih poduzeća, te zainteresiranih privrednih grana i djelatnosti.

Mreža 10 kV i niskonaponska prognozira se na bazi kapaciteta stanica 30 kV i ocjene realnih mogućnosti izgradnje u petogodišnjem vremenskom razdoblju.

Na modifikacije njegovog ostvarenja po opsegu i visini ulaganja utječu:

a) izmjene i dopune, izvršene u tom razdoblju, radi bitnih međuvremeno nastalih potreba;

b) zatomljivanje društvenog interesa razvoja mreže uslijed potreba restrinkcija ulaganja i

c) premašenja i podbačaji prognoze, nastali uspjesima odnosno neuspjesima ostvarenja, ovisnog o širokom krugu interesenata.

II PREDVIĐANJE RAZVOJA I NJEGOVO OSTVARENJE

Daje se pregled ostvarenja za razdoblje 1957—1961. u odnosu na predviđanja elektroenergetskog razvoja u Hrvatskoj, prije pet godina.

Prema planu Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske (ZEPH) iz 1957, da bi se zadovoljile rastuće potrebe na električnoj energiji, odnosno da bi se mogli ostvariti zadaci, predviđeni petogodišnjim planom razvoja NR Hrvatske za razdoblje 1957—61, predviđalo se u istom razdoblju ukupno 79,6 milijardi dinara investicija za elektroenergetska postrojenja na području Hrvatske. Ovim investiranjem bilo je predviđeno: dovršenje izgradnje HE Gojak, HE Peruća i TE Konjščina, započinjanje i dovršenje izgradnje Toplane Zagreb i izvršenje većine investicionih ulaganja na HE SPLIT.

Na saveznom nivou, prvi plan razvoja elektroprivrede Jugoslavije bio je rađen godina 1947—1948. Izgradnja elektroenergetskih postrojenja, predviđenih ovim planom bila je završena do godine 1956.

Od elektrana koje su na saveznom nivou u proljeće godine 1957. razmatrane radi pokrića konzuma u razdoblju 1961—1964. bile su izabrane hidroelektrana Split i termoelektrana Zagreb II. Za investiranje u razdoblju godine 1957—1961. predviđeno je za HE Split 13,3, a za TE Zagreb II 6,2 milijarde dinara [3, prilog 42].

U junu 1958. predložen je rebalans perspektivnog plana elektroprivrede Jugoslavije [4]. Za pokriće

manjkova, koji bi se javili u sušnoj godini 1965. i 1966. u visini od 2 — 2,8 milijarda kWh, bilo je razmatrano više varijanata izgradnje novih hidroelektrana. Kao najvažnije su se javile:

I Dubrovnik, Senj, Split II, Hajdoše ili Globočica;

II Dubrovnik, Grančarevo, Split II, Rama, Rijeka, Hajdoše ili Globočica;

III Dubrovnik, Senj i Bajina Bašta i

IV Dubrovnik, Bajina Bašta, Hajdoše, Globočica i Rijeka.

Za varijantu III koja je prevladavala, bilo je utvrđeno, da se elektrane nalaze u deficitarnom zapadnom i istočnom području. Ulaganja u prijenosnu mrežu uslijed toga su niska. Elektrane su povoljno razmještene u odnosu na izvoz. Proizvodnja energije je najveća, a instalirana snaga zadovoljava. Investicije i proizvodna cijena su najniže. Uslijed toga ova varijanta osigurava najveću mogućnost dobave, kako za pokriće potreba unutar zemlje tako i za izvoz.

U primjedbama na taj prijedlog bilo je istaknuto, da je izgradnji HE Senj potrebno pristupiti što prije u cilju osiguranja ravnoteže proizvodnje i potrošnje Jugoslavije godine 1964. iz razloga, što bi se manjkovi sjeverozapadnog područja pokrivali viškovima iz Dalmacije i proizvodnjom HE Senj; centralni položaj hidroelektrana na Trebišnjici da osigurava pokriće manjkova u sjeverozapadnim i istočnim područjima te u Slavoniji godine 1965., i da izgradnjom treba započeti godine 1959.

U pogledu osnovne mreže primjedbe na prijedlog naglašavaju potrebu izgradnje voda 220 kV HE Split —Zagreb (Mraclin) iz razloga, što se HE Split nalazi na kraju mreže, bez dvostrukih vodova dok bi poremećaj na vodu Kakanj—Zagreb potpuno odvojio deficitarno sjeverozapadno od ostalih suficitarnih područja [5, str. 4 i 10].

Ovo povećanje opsega izgradnje izvora tokom razmatranog petogodišta bilo je najavljeno u prikazu o investiranju u elektroprivredu u NR Hrvatskoj u studenom 1959 [6, str. 347]. Tada je bilo konstatirano da je u međuvremenu na području NR Hrvatske počela izgradnja HE Dubrovnik kao i HE Senj, pa da će ukupna ulaganja i opseg izgradnje izvora biti primjetno veći od onih koji su predviđeni po petogodišnjem planu.

Pripremni radovi izgradnje HE na Trebišnjici započeli su koncem listopada 1958. Ukupna proizvodnja u srednjoj hidrološkoj godini iznosit će 2,2 milijarde kWh, od čega HE Dubrovnik 1,7 milijarda kWh.

Savezno izvršno vijeće donijelo je 13. 2. 1959. odluku o financiranju izgradnje HE Bajina Bašta, Senj i Globočica. U obrazloženju ove odluke bilo je utvrđeno, da potrošnja električne energije raste znatno brže od predviđanja Saveznog zavoda za privredno planiranje. Prosječan godišnji porast da iznosi preko 22 %, a bio je predviđen u visini od 13,5 %. Za razdoblje poslije godine 1961. također se računalo s prosječnom stopom od 7,5 % godišnje, dok se ona na temelju ocjene početkom godine 1959. može očekivati u visini od 12 %. K tomu su pridošle poteškoće oko puštanja u pogon HE Perućica te drugih etapa TE Kakanj i Kolubara.

Izgradnjom ovih hidroelektrana povećava se proizvodnja za 2,6 milijarda kWh, pri čemu HE Senj učestvuje sa nešto preko 1 milijarde kWh u srednjoj hidrološkoj godini.

U petogodišnjem predviđanju razvoja elektroprivrede NR Hrvatske bilo je predviđeno slijedeće proširenje mreže i stupanj elektrifikacije: prijenosni vodovi povećali bi se za 84 %, vodovi 26—50 kV za 64 %, vodovi 3—20 kV za 62 %, a niskonaponski vodovi za 103 %.

Transformatorske stanice 110/30 — 35 kV povećale bi se: njihov broj za 118 %, a snaga za 168 %; transformatorske stanice 35 do 30/10-6 kV povećale bi se: njihov broj za 85 %, a snaga za 65 %, dok bi se broj transformatorskih stanica s donjim naponom 0,4 kV povećao za 63 %.

Time bi se, između ostalog, postiglo, da se postotak elektrificiranih naselja u našoj republici povisi od 40 % koncem godine 1956. na 63,6 %, koncem godine 1961, a broj elektrificiranih domaćinstava i gospodarstava od 48,2 % koncem godine 1956. na 70,4 % koncem godine 1961.

U tabelarnom prikazu vidi se pregled plana elektrifikacije NR Hrvatske 1957 — 1961, od lipnja 1957, i potrebnih ulaganja za ostvarenje toga plana.

Ujedno je dana usporedba s ostvarenjem u razdoblju 1957 — 1961.

Pregled ostvarenih investicija u elektroenergetska postrojenja 1957—1961. i usporedba s planiranim iznosima
u milijunima dinara

Objekti	Investicije za razdoblje 1957—1961. prema predviđanju iz VI 1957.	Ostvarene investicije 1957—1961.	Postotak izvršenja predviđenog 5-godišnjeg investiranja %
DV 220 kV	3.139[a]	4.644	148
DV 110/220 kV Una-Zagreb	320	296	93
TS 220 110 kV Mraclin	900[b]	1.240	138
DV 110 kV	2.882	2.378	83
TS 110/30 kV	5.280	3.133	59
DV 30 kV	4.558	3.749	82
TS 30 kV	3.413	3.484	102
DV 10 kV	6.053	9.043	149
TS 10 kV	3.580	6.038	169
Niskonaponska mreža	16.092[c]	12.407	77
HE Vinodol	38	61	
HE Gojak	4.317	4.490	
HE i akumulacija Peruća	8.507	8.896	126
HE Split I etapa	13.300[d]	19.789	
TE Konjšćina	586	615	
TE Zagreb II	6.647[e]	8.313	
Ostale HE: Dubrovnik Senj i Rijeka		8.779	
Ostale Te		15	
Ukupno	79.612	97.370	122

[a] Iskazane investicije DV 220 kV Split—Zagreb predstavljaju do konca godine 1961. 73 % od ukupnih, tada predviđenih investicija od 3.700 milijuna dinara.

[b] Iskazane investicije TS 220/110 kV Mraclin predstavljaju do konca 1961. godine 78 % od ukupnih, tada predviđenih investicija od 1.144 milijuna dinara.

[c] Niskonaponska mreža je u petogodišnjem planu investiciono obuhvaćala i kućne instalacije u visini od 3,7 milijarda dinara. Ostvarenje ne sadržava ove investicije, što se odrazuje na rezultatu.

[d] Iskazane investicije HE Split predstavljaju do konca 1961. godine 70 % od ukupnih, tada predviđenih investicija od 17 milijarda dinara.

[e] Investiciona svota u času sastavljanja plana 1957 — 1961.

Plan elektrifikacije NR Hrvatske 1957—1961. i ostvarenje koncem 1961.

Pokazatelj	Jedinica mjere	Stanje 1956. ostvareno	Stanje 1961. prema planu iz VI 1957.	Stanje 1961. ostvareno	Postotak izvršenja petogodišnjeg predviđanja %
Vodovi 220 kV	km	—	223	403	181
Vodovi 110 kV	km	813	1.389	1.285	93
Stanice 110/30 kV	MVA/km	304/11	816/24	915/21	112/88
Vodovi 50—26 kV	km	1.667	2.735	2.435	89
Stanice 50—30/27—6 kV	MVA/kom	213/73	397/135	598/139	151/103
Vodovi 20—3 kV	km	4.734	7.596	9.673	127
Stanice 20—3/0,4 kV	kom	2.371	3.863	4.673	121
Niskonaponski vodovi	km	8.717	17.707	22.890	129
Teritorij	km²	56.553	56.553	56.553	
Broj stanovnika	1000 st.	4.091	4.324	4.148	
Broj naselja	naselje	6.746	6.746	6.768	
od toga elektrificirano	%	40	63,6	66,9	114
Broj domaćinstava	1000 dom.	1.075	1.136	1.165	
od toga elektrificirano	%	48,2	70,4	71,8	113
Vodovi 50—26 kV	m/km²	89,5	48,4	43,1	
Vodovi 20—3 kV	m/nas.	702	1.126	1.429	
Niskonaponski vodovi	m/dom	8,1	15,6	19,6	
Raspoloživa el. ener. bruto	GWh	1.402,3	2.400	2.895,3	120

Iz podataka u tablicama vidljivo je, da je petogodišnji plan kod postrojenja 10 kV i niskonaponskih postrojenja naturalno i investiciono obilno premašen.

Kod postrojenja 30—35 kV transformatorske stanice pokazuju ispunjenje petogodišnjeg planskog predviđanja kako naturalno tako i investiciono, no vodovi reda 30 kV nisu međutim dostigli planom predviđene veličine.

Ostali su neizgrađeni slijedeći srednjenaponski prijenosi: Cres—Lošinj, Senj—Rab, Ston—Opuzen, Bjelovar—Grđevac, Čačinci—Voćin (odnosno Virovitica—Voćin), Čakovec—Kraljevec, Valpovo—Donji Miholjac, Podravska Slatina—Podravska Moslavina, Dubrovnik—Hercegnovi i Karlovac—Jamnica, u ukupnoj dužini od 345 km, s pripadajućim stanicama. Prijenosna elektroenergetska postrojenja — u cjelini uzeto — kreću se približno oko planom predviđenih veličina s time, da postrojenja 220 kV pokazuju prebačaj plana zbog ranijeg dovršenja i puštanja u pogon DV 220 kV Split—Zagreb i TS 220/110 kV Mraclin.

Podbačaj planiranih investicionih iznosa kod postrojenja 110 kV ima uzrok u tomu, što se kod ostvarenja išlo na bitno štedljivija rješenja od onih, na temelju kojih je sastavljen plan, naročito kod transformatorskih stanica.

Bila je predviđena izgradnja slijedećih vodova 110 i 220 kV: završetak izgradnje i investiranja na vodu Una—Zagreb, vodu 220 kV HE Split-bosanska granica, tri četvrtine izvedbe voda 220 kV He Split—Mraclin, te izvedba vodova 110 kV HE Split—TS Split, Slavonski Brod—Čačinci, Sisak—Popovača—Veliki Grđevac, Ston—bosanska granica, Vinodol—Matulji (druga trojka), Gojak—Karlovac (druga trojka), Gojak—Gospić, Buje—slovenska granica, Mraclin—Sisak, Mraclin—Rakitje, Šibenik—Zadar i Peruća—Split, s pripadnim stanicama.

Prvobitno predviđanje povećano je kod prijenosnih postrojenja za povezivanje elektroenergetskih sistema Jugoslavije i Mađarske. Rad na izradi te dokumentacije dovršen je pod kraj 1957. Opunomoćene delegacije obiju vlada sastale su se koncem srpnja iste godine u Budimpešti, te su zaključile izgraditi vod 120 kV između transformatorskih stanica u Varaždinu i Söjtöru dužine oko 70 km. Svaka ugovorna strana izgradila je o svom trošku vod i potrebna postrojenja na svojem teritoriju uz uzajamno pružanje pomoći u opremi i materijalu. Istodobno je bio potpisan i sporazum o prodaji i razmjeni električne energije.

Bilo je predviđeno, da se raspoloživa snaga i energija stavljaju drugoj strani na raspolaganje u obliku ponuda, tokom pojedinih razdoblja, kada se raspolaže viškovima. U slučaju nestašice energije kod nas, Mađarska ispomaže dobavom, u granicama svojih mogućnosti.

Budući da se proizvodnja električne energije u Mađarskoj temelji uglavnom na termoelektranama, to svaka dobava energije iz susjednih zemalja predstavlja za mađarsku elektroprivredu uštedu u valuti i ugljenu [7, str. 314]. Dobava energije Mađarskoj tokom zadnjih dviju godina iznosila je 75—94 GWh godišnje.

Od predviđenih prijenosa 110 kV ostali su neizrađeni: drugi prijenos 110 kV u istočnu Slavoniju (bio je predviđen prijenos Slav. Brod—Čačinci, a u 1962. se izgrađuje Brčko—Osijek), prijenos energije u zapadnu Slavoniju i Moslavinu, te vodovi Mraclin—Rakitje i Mraclin—Sisak.

Kod izvora energije investiciona ulaganja veća su od predviđenih. To je u prvom redu rezultat početka investiranja pripremnih i glavnih radova u ovom petogodišnjem razdoblju na HE Dubrovnik i u manjoj mjeri na HE Senj. Isto tako je izgradnja i investiranje HE Split išla bitno brže nego što se očekivalo po projektiranom roku izgradnje. Pored toga su i investicione svote HE Split i TE Zagreb II porasle, kako uslijed povećanog opsega radova tako i uslijed u međuvremenu nastalog porasta troškova materijala i davanja, iz naslova poduzetih ekonomsko-političkih mjera.

Dinamika ovih ulaganja i opsega izvedbe nije tekla ravnomjerno. Prvih dviju godina ona su primjetno ispod prosjeka, godine 1959. ona su u prosjeku predviđanja, a posljednjih dviju godina ulaganja su

očekivano jako porasla i došla u kulminaciju uslijed netom opisanih povećanja radova na izvorima energije.

Dinamika ulaganja 1957—1961.

Godina	Godišnje	Ukupno	Postotak u odnosu na predviđanje
	milijuna dinara		%
1957.	*11.378*	11.378	14,3
1958.	*14.555*	25.933	32,6
1959.	*16.969*	42.902	55,0
1960.	*25.216*	68.440*	86,0
1961.	*28.936*	97.370**	122,0

Taj prosjek predviđenog ulaganja bio je godine 1957. utvrđen sa 17.691 milijun dinara.

Izvori financiranja investicija 1957 — 1961.
(predviđeno u lipnju 1957.)

	Ukupno	Opći investicioni fond	Gradske komune	Samodoprinos	Kućanski budžeti	Elektroprivreda
	u milijunima dinara					
Izvori električne energije	33.395	32.295	1.100			
Prijenos električne energije	12.521	12.521				
Postrojenja 30—35 kV	7.971	57	2.341	5.573		
Postrojenja 10 kV	9.633		1.000	5.855		2.778
Niskonaponski vodovi	10.853		500	8.727		1.626
Kućne instalacije i brojila	5.239			204	3.655	1.380
Ukupno	79.612	44.873	4.941	20.359	3.655	5.784
Godišnje (4,5 godine)	17.691	9.972	1.098	4.524	812	1.285
Postoci predviđenog učestvovanja %		56,5	6,2	25,5	4,5	7,3

* Ova ulaganja su iskazana suglasno Godišnjacima 1957—1961. Pokazuju se razlike od 322 odnosno 316 milijuna dinara između zbroja godišnjih ulaganja i ukupne sume 1960—1961. Razlog je u naknadnom zahvaćanju početnih ulaganja HE Dubrovnik, elektrovučne postaje Meja i 4,1 km voda Plase — Meja. U ulaganjima godine 1958. i 1959. NR Hrvatske, kada su nastajala i ova ulaganja, ona nisu obuhvaćena, uslijed čega su bila naknadno uključena u sume 1960. i 1961, što formalno strši.

Uočavanjem ovih predviđanja može se danas konstatirati, da se je tehnika opterećivanja pojedinih interesenata u međuvremenu primjetno izmijenila: više ne prevladava mišljenje, da treba pratiti i kućne instalacije. Godine 1957. one su bile predviđene sa 12.200 Din/stan (domaćinstvo). U međuvremenu je financiranje mreže u gradovima palo u udio elektroprivrednim distributivnim poduzećima, čije su mogućnosti investiranja u međuvremenu ojačale. Izgradnja srednjenaponske mreže financira se iz sredstava kotara, Republike i industrije, a potrošači kupuju brojila.

Od postotaka učestvovanja interesantan je onaj od 56,5 % ulaganja općedruštvenih sredstava. Pri ostvarenju, ovaj udio se još primjetno povećao tako da ulaganja iz Općeg investicionog fonda iznose za proteklo petogodišnje razdoblje 62,8 %.

Ulaganja općedruštvenih sredstava kretala su se u rasponu od 53,8 do 69,9 % godišnje.

Udio republičkog investicionog fonda je malen u apsolutnom i relativnom smislu. To se je odrazilo na nedovoljnom razvoju srednjenaponske mreže, te na opadanju napona u proširenoj razdjelnoj mreži, koja se je razvijala brzim tempom bez obzira da li su mogućnosti napajanja pouzdane.

Kotarski investicioni fondovi korišćeni su prosječno sa 1 milijardom dinara godišnje.

Udio elektroprivrede i drugih privrednih djelatnosti postajao je postepeno sve veći.

Samodoprinos pokazuje konstantu godišnjeg ulaganja zadnje četiri godine u visini od 4,2 do 4,7 milijarda dinara u novcu i naturi bez obzira, što u času izgradnje razdjelne i razvodne mreže prethodi u mreži višeg napona. U iskazanim visinama ulaganja bio je samodoprinos i planiran uz napomenu da je bila pretpostavljena veća mogućnost ulaganja stanovništva nerazvijenih područja, što se je ostvarilo u bitno manjoj mjeri.

Iz prikazanog se naziru nivoi interesa:

Iz općedruštvenih sredstava izvodili su se izvori energije i prijenosna postrojenja. Dok je izgradnja izvora bila financirana uglavnom izdašno, izgradnja prijenosnih postrojenja bila je predmet dugotrajnih

** Iskazane brojke suglasne su sa Godišnjacima [16]. Razlika od 317 milijuna dinara naprama sumi ulaganja od 97.370 milijuna dinara obrazložena je u bilješci naprijed. Ona tvori 3,2 promila i ne utječe na nalaz.

Investiranje u elektroenergetska postrojenja 1957—1961.

Godina		Investicioni fond			Elektroprivreda, industrija i saobraćaj		Samodoprinosi i lokalni fondovi		Ukupno
		opći	republički	kotarski					
		u milijunima dinara							
1957.		6.697	95	997	404	3.185			11.378
	%	58,8	0,8	8,8	3,6	28,0			
1958.		8.725	124	640	899	4.167			14.555
	%	59,9	0,9	4,4	6,2	28,6			
1959.		9.131	450	1.212	2.016	4.160			16.969
	%	53,8	2,6	7,2	11,9	24,5			
1960.		16.191	496	913	2.929	4.687			25.216
	%	64,2	2,0	3,6	11,6	18,6			
1961.		20.206	321	1.190	2.610	4.608			28.935
	%	69,9	1,1	4,1	9,0	15,9			
1957—1961.		60.950	1.486	4.952	8.858	20.807			97.053
	%	62,8	1,5	5,1	9,1	21,5			

Ulaganja u izgradnju elektroenergetskih postrojenja 1957—1961. prema nivoima interesa

(Suočavanje procentualnih struktura)

Vrste postrojenja					*Izvori investicija*
Hidroelektrane	43,2				
Termoelektrane	9,1				
Prijenosna postrojenja	12,0	64,3	62,8		Opći investicioni fond
				1,5	Republički investicioni fond
Srednjenaponska postrojenja		7,2	6,6	5,1	Kotarski investicioni fond
10 kV mreža	**15,6**			9,1	Elektroprivreda i industrija
Niskonaponska mreža	**12,9**	28,5	**30,6**	21,5	Samodoprinosi i lokalni fondovi
		100,0	100,0		

postupaka oko odobravanja i nedovoljno financirana u odnosu na potrebe. Procentualno u strukturi ulaganja se to ne osjeća. Pričinja se dovoljno (12 %). No, ovaj manjak se osjeća operativno s obzirom na česte nemogućnosti prijenosa energije uslijed nedovoljnih prijenosnih kapaciteta kao i s obzirom na dokazane potrebe razvoja pojedinih područja; tu se osjeća vremensko zaostajanje u dvije godine.

Ulaganje u srednjenaponsku mrežu bilo je viševrsno: Republika, kotari, pojedine grane industrije, elektrifikacija željeznica i elektroprivreda. Sve to nije bilo dovoljno efikasno.

Razdjelna se mreža 10 kV izvodila iz lokalnih fondova i učešćem pojedinih industrijskih pogona i drugih privrednih i javnih djelatnosti u cilju postizavanja svrha postojanja, a niskonaponska mreža iz samodoprinosa u novcu i naturi uz djelomično alimentiranje iz lokalnih fondova, što u biti predstavlja varijantu prve vrste ulaganja.

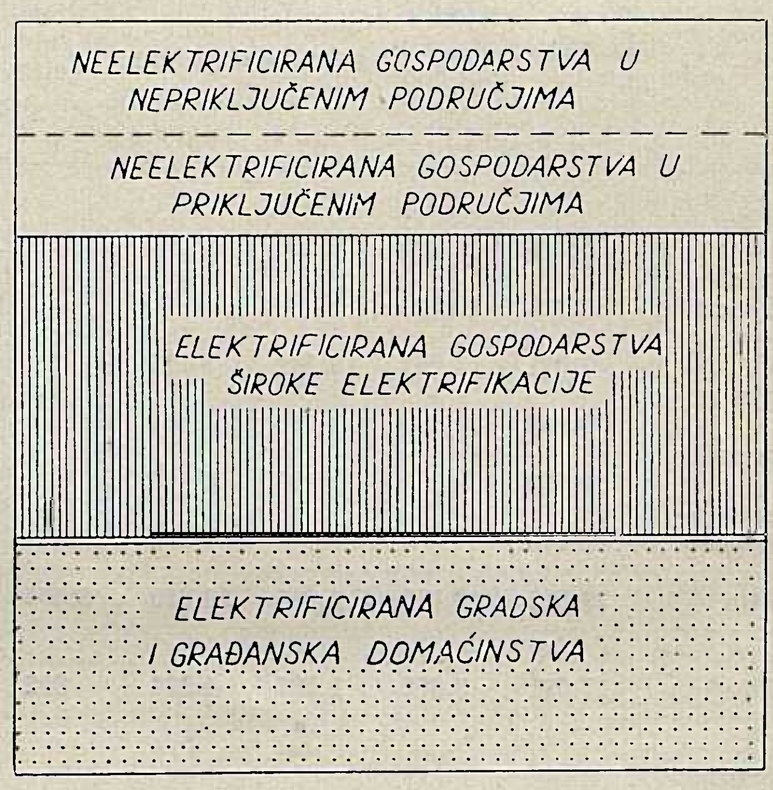
III STUPANJ ELEKTRIFIKACIJE

Stupanj elektrifikacije koncem godine 1961. treba utvrditi služeći se rezultatima prethodnih popisa Saveznog i Republičkog zavoda za statistiku, izvršenih godina 1953, 1955. i 1960. Rezultati popisa od 31. 3. 1961. u odnosu na elektrifikaciju još su u stadiju razrade.

A. Domaćinstva i gospodarstva

Cijeni se, da je koncem godine 1961. elektrificirano 836.280 domaćinstava i gospodarstava ili 71,8 % od ukupno 1,165.224 domaćinstava i gospodarstava u Hrvatskoj [8, str. 6].

U Hrvatskoj 21 grad i naselje imaju više od 9.000 stanovnika. U gradovima i takvim naseljima intenzivne elektrifikacije ima 367.334 domaćinstva, smještenih u 267.020 stanova. Sustanarskih domaćinstava ima dakle 38 %, odnosno na jedan stan (u pravilu: na potrošačko brojilo) otpada 1,38 domaćinstava, s odstupanjima od 1,17 (Virovitica) do 1,54 (Rijeka) domaćinstva. Pretpostavlja se, da je 98 % gradskih domaćinstava, odnosno njih 360.000, elektrificirano (kalkulirano prema dolje). Ostalih 797.890 domaćinstava i gospodarstava jesu gospodarstva široke elektrifikacije. Njih je elektrificirano 476.280 ili 59,8 %.



Sl. 2. Procentualni prikaz elektrificiranih i neelektrificiranih gospodarstava i domaćinstava u NR Hrvatskoj krajem 1961.

Potrebno je utvrditi, koji red veličine gospodarstava koncem godine 1961. još nema mogućnost elektrificiranja, a koja veličina gospodarstava je ostala neelektrificirana u već priključenim područjima.

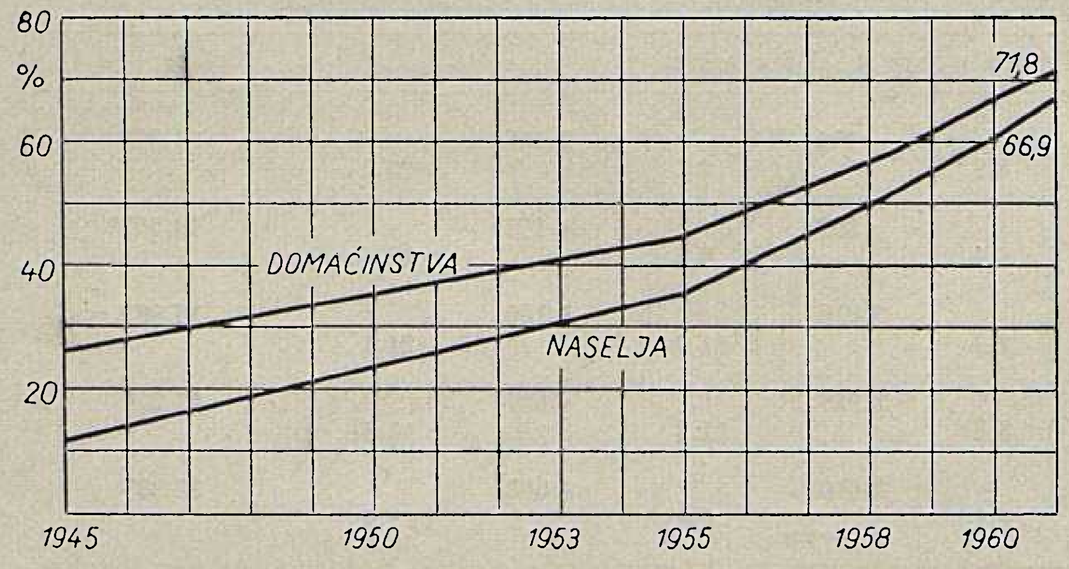
Utvrđivanjem neelektrificiranih gospodarstava u neprikljućenim područjima pokazuje se da ih ima 173.712, pretpostavljajući na temelju prijašnjih razmatranja [9, prilog], da se neprikljućena naselja sastoje od po 77 gospodarstava (kretanje od 26 do 131 gospodarstva).

Prema tomu, neelektrificiranih gospodarstava u priključenim naseljima ima 147.898 ili 23,6 % od ukupno 624.178 gospodarstava u naseljima široke elektrifikacije koja su »elektrificirana«.

Stupanj elektrifikacije gospodarstava priključenih naselja iznosi koncem godine 1961. prema tomu 76,4 %.

Rekapitulaciono: Stupanj elektrifikacije domaćinstava i gospodarstava iznosi prema rezultatima toka elektrifikacije 1945—1961. koncem 1961. g. 71,8 %, od čega stupanj široke elektrifikacije iznosi 59,8 %.

Stupanj elektrifikacije domaćinstava koncem g. 1961. bio je prognoziran prije pet godina sa 70,4 %.



Sl. 1. Porast elektrificiranosti naselja i domaćinstava u Hrvatskoj 1945 — 1961.

Predviđanje i stvarno stanje broja stanovništva i domaćinstava Jugoslavije i Hrvatske u 1961.

Republika odnosno kraj	Predviđanje 1957.		Prema popisu od ožujka 1961.				
	Stanovništvo u tisućama	Domaćinstva u tisućama	Stanovništvo u tisućama	Od predviđanja manje stanovnika u tisućama	Domaćinstva u tisućama	Od predviđanja manje domać.	Od predviđanja više u tisuć.
FNR Jugoslavija	19.468	4.520	*18.513*	*955*	*4.456*		*136*
Srbija	7.890	1.830	7.629	261	1.933		103
Hrvatska	4.323	1.136	4.148	175	1.165		29
Slovenija	1.600	432	1.584	16	462		30
Bosna i Hercegovina	3.510	702	3.275	235	708		6
Makedonija	1.615	305	1.405	210	280	25	
Crna Gora	530	115	472	58	108	7	
NR Hrvatska	4.323	1.136	*4.148*	*175*	*1.165*		*29*
Slavonija	995	262	971	24	276		14
Dalmacija	812	183	766	46	188		5
Istra i Hrvatsko Primorje	439	131	419	20	138		7
Lika	127	28	111	16	28		—
Sjeverna Hrvatska	1.950	532	1.881	69	535		3

Ostvarenje pokazuje primjetno veći stupanj elektrifikacije domaćinstava od predviđanja prije pet godina za 2 %.

Kao što je vidljivo iz numeričkog prikaza predviđanja i stvarnog stanja broja stanovništva i domaćinstava Jugoslavije i Hrvatske u godini 1961, prognozirani broj domaćinstava od 1.136 tisuća domaćinstava, koji je služio kao temelj pri prognoziranju stupnja elektrifikacije i mogućnostima priključka tokom proteklih pet godina, doživio je prilikom popisa u proljeće prošle godine bitnu korekciju prema gore za gotovo 30.000 domaćinstava. Isto tako je niži broj stanovništva za gotovo 170.000. Uslijed ravnomjerno manjeg broja stanovnika po domaćinstvu u svim pokrajinama u visini od 0,2 — 0,5 javlja se potreba revizije predviđene osnove broja domaćinstava po naseljima i usporedba s ostvarenjem.

Postignuti stupanj elektrifikacije domaćinstava je ne samo u relativnom nego i u apsolutnom pogledu premašio korigiranu prognozu razvoja postavljenog prije pet godina; elektrificirano je 36.600 domaćinstava više nego što se računalo tada.

Tomu premašaju pridonijela je pojačana elektrifikacija domaćinstava (gradova i većih mjesta) Slavonije, koja je porasla na 60,2 % naprama prognozi od 56,6 %, a u broju domaćinstava, više za 17.500.

To isto vrijedi i za područja sjeverozapadne Hrvatske, koja su elektrificirana u visini od 86,2 % naprama očekivanih 77,5 %; više je elektrificirano 17.300 domaćinstava, nego što je bilo računano.

Istra i Hrvatsko Primorje također pokazuju veći stupanj elektrificiranosti domaćinstava u odnosu na postavljenu prognozu; 87,4 naprama 85,8 % ili 6.800 domaćinstava više od očekivanog.

Bitno zaostaje elektrificiranost domaćinstava i gospodarstava Like; umjesto predviđenih 10.100 elektrificirano je tek 6.300 domaćinstava ili 23,0 % naprama predviđanju od 33 %.

Razlozi tomu su poznati. Privredna baza za veći razvoj nije u Lici još dovoljno jaka, niti se je dovoljno razvila, kao što je bilo računano.

Stupanj elektrifikacije domaćinstava Dalmacije je nešto niži od prognoze: 61,3 naprama 64,0 % ili 1.400 domaćinstava manje.

Usporedba prognoze i ostvarenja razvoja elektrifikacije po područjima do konca 1961.

Područje	Prognoza 1957.				Područje	Ostvarenja			
	Elektrificirana naselja		Elektrificirana domaćinstva			Elektrificirana naselja		Elektrificirana domaćinstva	
	broj	postotak %	broj u 000	postotak %		broj	postotak %	broj u 000	postotak %
Hrvatska	4.290	63,6	799,7	70,4	*Hrvatska*	4.512	66,9	836,3	71,8
					Istočno slavonsko	284	60,4	130,4	64,8
					Zapadno slavonsko	280	42,0	35,4	47,4
Slavonija	600	54,0	148,0	56,5		564	49,7	165,8	60,2
					Podravsko-moslavačko	648	90,0	71,6	69,9
					Zagorsko-međumursko-prigorsko	1.196	92,2	289,1	92,0
					Pokupsko-banijsko-kordunsko	696	54,2	68,8	57,5
Sjeverozap. Hrvatska	2.297	69,5	412,2	77,5		2.540	76,9	429,5	86,2
Istra i Hrvatsko Primorje s otocima	833	69,5	112,3	85,8	Istarsko-primorsko-goransko bez otoka	895	81,7	119,1	87,4
Lika	80	33,0	10,1	36,0	Ličko	57	23,4	6,3	23,0
					Dalmatinsko-zagorsko	74	26,3	11,8	28,4
					Dalmatinsko-prigorsko	231	53,6	84,3	78,6
					Pojas otočja	151	54,7	19,5	59,1
Dalmacija	480	54,0	117,1	64,0		456	45,7	115,6	61,3

B. Naselja

U Hrvatskoj ima 6.742 naselja. Koncem godine 1961. bilo ih je elektrificirano 4.512 ili *66,9 %*. Ovo ujedno pokazuje da još postoji preko 2.000 naselja široke elektrifikacije, koja treba priključiti tokom daljnjih 6—7 godina.

Stupanj elektrifikacije naselja koncem godine 1961. bio je prognoziran prije pet godina sa *63,6 %*.

Ostvarenje pokazuje primjetno veći stupanj elektrifikacije naselja od predviđanja prije pet godina za 5,2 %.

Ovaj stupanj elektrifikacije oscilira od 23,6 % u Lici do 92,2 % u zagorsko-međumursko-prigorskom području.

Prikaz intenziteta elektrifikacije područja republike koncem 1961.

(Redoslijed prema gradiranju elektrifikacije naselja)

Područje	Površina m²	Postotak u odnosu na ukupnu površinu	Stupanj elektrifikacije naselja
Ličko	5.225,3	9,25	23,6
Dalmatinsko-zagorsko	5.090,7	9,00	26,3
Zapadno slavonsko	5.744,5	10,15	42,0
Dalmatinsko-primorsko	5.026,5	8,97	53,6
Pokupsko-banijsko-kordunsko	8.305,2	14,68	54,2
Pojas otočja	3.057,2	5,40	54,7
Istočno slavonsko	8.068,2	14,26	60.4
Istarsko-primorsko-goransko	5.663,9	10,02	81,7
Podravsko-moslavačko	5.160,1	9,12	90,0
Zagorsko-međumursko-prigorsko	5.178,4	9,15	92,2
	56.520,0		

Istočno i zapadno slavonsko područje elektrificirano je ispod prosjeka. Elektrificirano je 49,7 % naselja, što je 10 % ispod prognoze razvoja.

Podravsko-moslavačko i zagorsko-međumursko-prigorsko područje predstavljaju područja, gdje je postignut najveći stupanj elektrifikacije naselja: 90—92,2 %. Priključivši ovima i ispotprosječno elektrificirano područje pokupsko-banijsko-kordunsko vidi se, da je područje sjeverozapadne Hrvatske elektrificirano sa 76,9 % odnosno 10 % jače od prognoziranog stupnja elektrifikacije u visini od 69,5 %. Ta pojava nije nova; ona je primijećena u proljeće 1960 [9, str. 397 gore], da se natprosječno elektrificirana područja kompletiraju brže, nošena svojim privrednim i elektrifikacionim potencijalom.

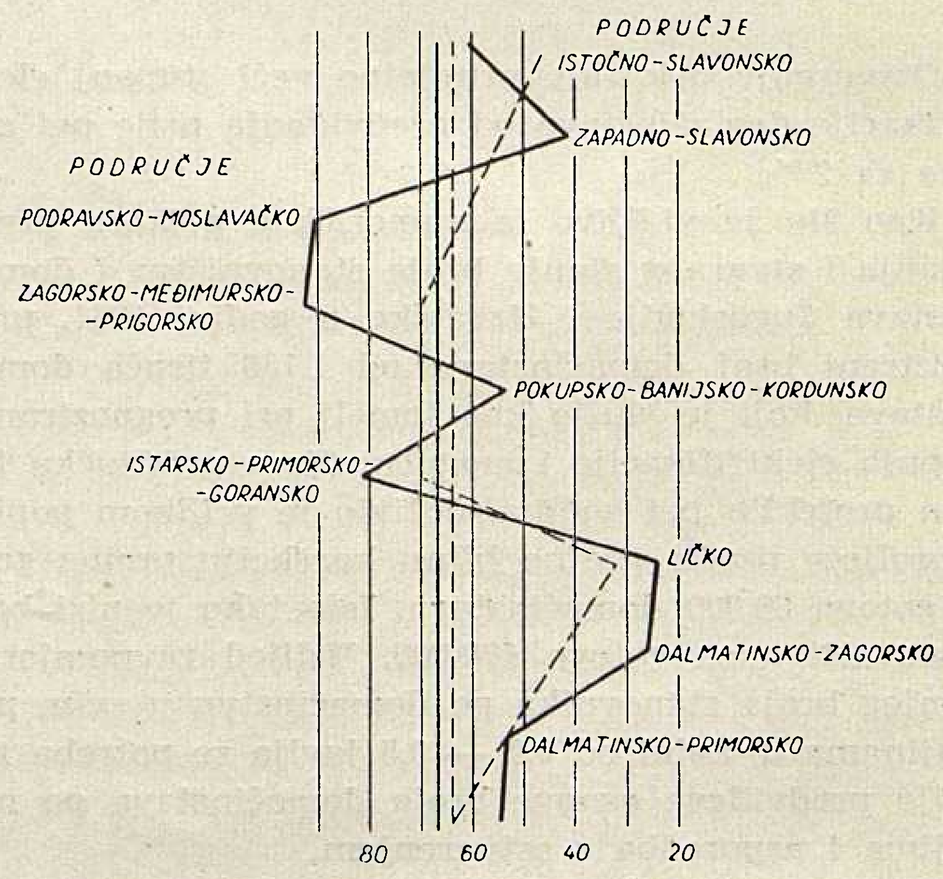
To isto vrijedi i za natprosječno elektrificirano područje istarsko-primorsko-goransko. Tu postignuti stupanj elektrifikacije naselja iznosi 81,7 %, što je također bitno više od prognoziranih 69,5 %.

Obratno: prognoza razvoja elektrifikacije u Lici na 54 % tokom ovog razdoblja ostala je neostvareni cilj. U Lici je danas elektrificirano tek 57 naselja što čini 23,4 %. (Monografija o elektrifikaciji Like [10, str. 25] iskazuje, da u Lici ima 265 naselja pa se taj postotak, štaviše, po stanovištu elektrifikatora Like snizuje na 21,5 %). Pozitivna je pojava, da Narodni odbor i distributivno poduzeće Gospić postavljaju detaljno razrađeno predviđanje razvoja elektrifikacije i da su uočili faktore pokretanja snaga stanovništva, čime će biti moguće pospješiti razvoj.

To je jedini primjer programatskih nastojanja za razvoj široke elektrifikacije u Hrvatskoj, koji potječe sa samog područja.

Isto tako nije niti Dalmacija postigla onaj stupanj elektrifikacije koji je prognoziran; elektrificirano je 45,7 % pri čemu su u najvećem broju elektrificirana naselja na otocima (od toga skoro polovica vezana na lokalne elektrane), dok je očekivan razvoj do 54 %, ili 20 % više od ostvarenog.

Ukratko stupanj elektrifikacije naselja je veći od prognoze na način, što su se već intenzivno elektrificirana područja na zapadu uspjela kompletirati, dok je brži elektrifikacioni razvoj slabije elektrificiranih područja Slavonije, Like i Dalmacije ostao tek djelomično ostvaren.



Sl. 3. Predviđanje i ostvarenje stupnja elektrifikacije naselja pojedinih područja NR Hrvatske krajem 1961.

Da bi se utvrdilo, koji je stupanj elektrifikacije naselja postignut na određenom dijelu republičkog područja, treba konstatirati slijedeće:

Na 10.316 km² ili 18,25 % od ukupnog republičkog područja, elektrificirano je 20—30 % naselja, a na 5.744,5 km² ili 10,15 % od ukupnog područja Republike, elektrificirano je 40—50 % naselja. To znači, da je na 28,4 % ili blizu jedne trećine republičkog područja priključeno manje od 50 % naselja s tim, da je elektrifikacija gospodarstava na tim područjima procentualno još bitno niža.

Nadalje je na 16.388,9 km² ili 29,05 % od ukupne površine elektrificirano 50—60 % naselja, na 8.068,2 km² ili 14,26 % od ukupne površine elektrificirano je preko 60 % naselja, a preostalih 15.402,4 km² ili 28,29 % od ukupne površine elektrificirano je iznad prosjeka od 66,9 %, tj. u visini od 81,7 — 92,2 %.

Vidi se, da su koncem godine 1961. zadržane velike neravnomjernosti elektrifikacije područja.

U cilju ravnomjernijeg privrednog razvoja republičkog područja nameće se zadatak ublažiti u idućih nekoliko godina postojeće krajnosti. To može biti izvršeno intenzivnijim programatskim zahvatom. Pri današnjem stupnju elektrifikacije ovih područja može se računati da će ona, po sebi, tek za deset godina ući u fazu kompletiranja mreže.

Rekapitulaciono: trend porasta stupnja elektrifikacije naselja, domaćinstava i gospodarstava u Hrvatskoj u razdoblju od prije drugog svjetskog rata do danas prikazuje se lako slijedi:

Razvoj elektrifikacije naselja i domaćinstava i gospodarstava u NR Hrvatskoj 1939 — 1961.

Godina	Elektrificiranih naselja		Elektrificiranih domaćinstava i gospodarstava	
	broj	%	broj	%
1939.	502	7,4	—	—
1945.	892	13,2	271.690	27,2
1953.	2.127	31,4	456.534	42,0
1955.	2.435	36,1	473.000	46,3
1956.		40		48,2
1958.	3.450	50,7	641.300	58,3
V. 1960.	4.031	60	755.930	67,7
kraj 1960.	4.066	60,3	790.000	67,8
kraj 1961.	4.512	66,7	836.280	71,8

Od prednjih dostignuća, distributivna poduzeća su uspjela iskazati, da na dan 1. 12. 1961. ima u Hrvatskoj elektrificirano 4.192 naselja i 772.504 domaćinstava.

Iako ovi rezultati — s obzirom na nedovoljne pripreme — predstavljaju uspjeh izvještavanja, oni ne mogu biti preuzeti bez nužne provjere i ispravaka, jer bi po njima izlazilo, da u pogledu elektrifikacije stagniramo, suprotno rapidnom razvoju niskonaponske mreže tokom svake godine.

Za distributivna poduzeća nije bilo utvrđeno, što predstavlja registrirano samostalno naselje, a što se broji kao domaćinstvo. Dnevni poslovi ih po prirodi stvari sile, da pojednostavnjuju statističke pojmove najčešće na način, da naselje identificiraju s pojnom točkom 10 kV, a domaćinstvo s brojilom, odnosno s paušalnim potrošačem.

U pogledu broja elektrificiranih naselja na području 8 kotara: Čakovec, Bjelovar, Varaždin, Krapina — Zabok, Karlovac, Sisak, Slavonski Brod i Slavonska Požega pokazuje se primjerice, da je u svibnju 1960. bilo elektrificirano 246 naselja više (utvrđeno prilikom popisa poljoprivrednih gospodarstava i naselja široke elektrifikacije, koji je proveo Savezni zavod za statistiku), nego što distributivna poduzeća iskazuju jednu i pol godinu nakon toga.

Distributivna poduzeća nadalje ne iskazuju ona granična područja Republike, koja se napajaju iz mreže 10 kV i srednjenaponske mreže distributivnih poduzeća na području susjednih republika.

U pogledu razlike broja elektrificiranih domaćinstava, ona bi zapravo mogla biti i veća, uzme li se u obzir da u Hrvatskoj ima preko 100 tisuća sustanarskih domaćinstava.

Ove praznine su ispunjene. Ispravci su se pokazali u skladu sa trendom elektrifikacije tokom 16 godina od 1945. na ovamo.

Radi svega toga treba smatrati, da po distributivnim poduzećima sastavljen popis predstavlja uspjeh u izvještavanju, a pokazane praznine treba sistematskim radom s poduzećima ispunjavati podacima, koji danas još izmiču evidentiranju na određenom distributivnom području.

IV OSVRTI I EFEKTI

Sumirajući rezultate ulaganja u proteklih pet godina utvrđuje se da je istovremeno pušteno u pogon elektroenergetskih postrojenja u vrijednosti od 89,2 milijarde dinara.

Budući da su ulaganja u petogodišnjem razdoblju bila predviđena bez početnih ulaganja koja bi se nastavljala u godinu 1962, to postoji mogućnost analize efekata i izmaklih rezultata.

Neaktivirana sredstva početkom 1957. iznosila su 13,7 milijarda dinara, a predviđene investicije petogodišnjeg razdoblja, koje se je pretpostavljalo aktivirati do konca godine 1961. iznosile su 79,6 milijarda dinara. Ukupno predviđena masa aktiviranja iznosi 93,3 milijarde dinara.

Rastvaranjem pokazane razlike od 4 milijarde dinara vidljivi su efekti, te neostvareno i neobuhvaćeno:

Povećanom aktiviranju sredstava pridonosi hidroelektrana Split, koja je s prvim agregatom proizvodila 10,5 mjeseci prije projektiranog roka. Povećana aktivirana sredstva iznose 7,1 milijardu dinara.

Nadalje pridonosi povećanju aktiviranih sredstava neočekivani povećani razvoj mreže 10 kV.

S druge strane puštanje u pogon TE Zagreb II ugovorno je pomaknuto iza godine 1961, kao konačnog roka ovog razmatranja. Na taj način ostaje neaktivirana investiciona svota, s kojom je ovo postrojenje praćeno, u visini od 6,6 milijarda dinara.

Zaostajanje izgradnje prijenosne mreže i međuvremeno postignuta jeftinija rješenja izvedbe pokazuju razliku od 3,7 milijarda dinara.

Predviđene i ostvarene vrijednosti vrsta postrojenja puštenih u pogon u razdoblju 1957 — 1961.

Predviđanje Postrojenja u izgradnji početkom 1957. i investiranje 1957—1961. u milijunima dinara	Objekti	Ostvarenje Pušteno u pogon u milijunima dinara
35.284	Hidroelektrane	42.495
9.579	Termoelektrane	2.770
14.189	Prijenosna postrojenja	10.491
8.503	Srednjenaponska mreža	6.361
9.633	10 kV mreža	14.956
16.092	Niskonaponska mreža	12.154
93.280	Ukupno	89.227

Neočekivani i izmakli efekti razdoblja 1957—1961.

Izmaklo u milijardama dinara		Efekti u milijardama dinara
	Aktiviranje završenih investicija: HE Split 1 godinu prije predviđanja	7,1
6,6	Toplana Zagreb	
3,7	Zaostajanje izgradnje prijenosne mreže	
2,2	Zaostajanje izgradnje srednjenaponske mreže	
	Neočekivani razvoj 10 kV mreže	5,3
3,9	Neobuhvaćanje kućnih instalacija u ostvarenju i niže cijene ostvarenih radova	
	Saldo 93.280—89.227.10⁶ din k. g.	4,0
16,4	Ukupno	16,4

Pri zaostajanju izgradnje srednjenaponske mreže, neuložena i neaktivirana sredstva pokazuju se u visini od 2,2 milijarde dinara.

Ostatak od 3,9 milijarda dinara odnosi se na neobuhvaćene kućne instalacije u ostvarenje.

Da bi se utvrdio odnos između ulaganja i rastućeg narodnog dohotka, projicirana su ulaganja na narodni dohodak koji se stvara na području NR Hrvatske.

Pod tom pretpostavkom izlazi da je u razdoblju od 1957 — 1961. ulagano u elektroenergetska postrojenja prosječno 3,5 % godišnje u rasponu od 2,4 — 4,4 %. Pravilan niz.

Prikaz ulaganja narodnog dohotka područja NR Hrvatske u elektroenergetska postrojenja u razdoblju 1957. — 1961. po tekućim cijenama

Godina	Narodni dohodak u milijardama dinara	Ulaganje u elektroenergetska postrojenja u milijunima dinara	Postotak ulaganja narodnog dohotka u elektroenergetska postrojenja
1957.	480	11.378	2,4
1958.	490	14.555	3,0
1959.	575	16.969	3,0
1960.	607	25.216	4,2
1961.	660	28.936	4,4
Jkupno	2.812	97.054	3,5

Za ocjenu intenziteta ovog ulaganja služi usporedba s ulaganjima u razdoblju 1945 — 1955. Ona se pokazuju u visini od prosječno 2,2 %, krećući se od 1,4 (godine 1949) do 3,4 % (godine 1952) [11, str. 131].

Vrhunac ulaganja prethodnog razdoblja predstavlja prosjek razmatranog.

Linija uspona ulaganja ne teče ravnomjerno nego je razlomljena uz napomenu, da su nagli usponi vezani na početke korišćenja hidroenergetskog potencijala na području Hrvatske, dok su padovi ovisni o objektivnim teškoćama, koje su utjecale na investiranje kako u Hrvatskoj tako općenito u Jugoslaviji.

Prosječne godišnje investicije u elektroenergetska postrojenja u Hrvatskoj 1957 — 1961.

(Dinara i dolara po stanovniku godišnje)

Razdoblje	Izvori	Prijenosne (220—110 kV)	Distributivne i priključne	Ukupne investicije (po tekućim cijenama)
	u milijunima dinara			
1957—1961.	50.958	11.691	34.721	97.370
Prosječno godišnje	10.180	2.315	6.985	19.480

Razdoblje	Specifične investicije*			
	Dinara po stanovniku (1961. 4,148.122)		Dolara po stanovniku (750 Din/$)	
	Sa distributivnom mrežom	Bez distributivne mreže	Sa distributivnom mrežom	Bez distributivne mreže
1957.—1961.	23.250	15.140	31,0	20,2
Prosječno godišnje	4.650	3.230	6,2	4,0

* Dinarske specifične investicije su 3,2 do 3,7-struke u odnosu na one razdoblja 1945 — 1955 (po cijenama godine 1952). Dolarske specifične investicije veće su 50 % u odnosu na one razdoblja 1945 — 1955; tečaj je u međuvremenu porastao od 300 na 750 Din/$.

Iskazani podaci imaju vrijednost za međunarodnu privrednu statistiku.

Pokazuje se da ove specifične investicije spadaju među niže naprama onima u evropskim zemljama [12, str. 61]. To u biti znači, da je naša izvedba jeftina i racionalna; kad bi u cjelini i bilo više raspoloživih sredstava, operativni kapaciteti s kojima raspolažemo, ne bi mogli dostići znatno veći zamah izvedbe.

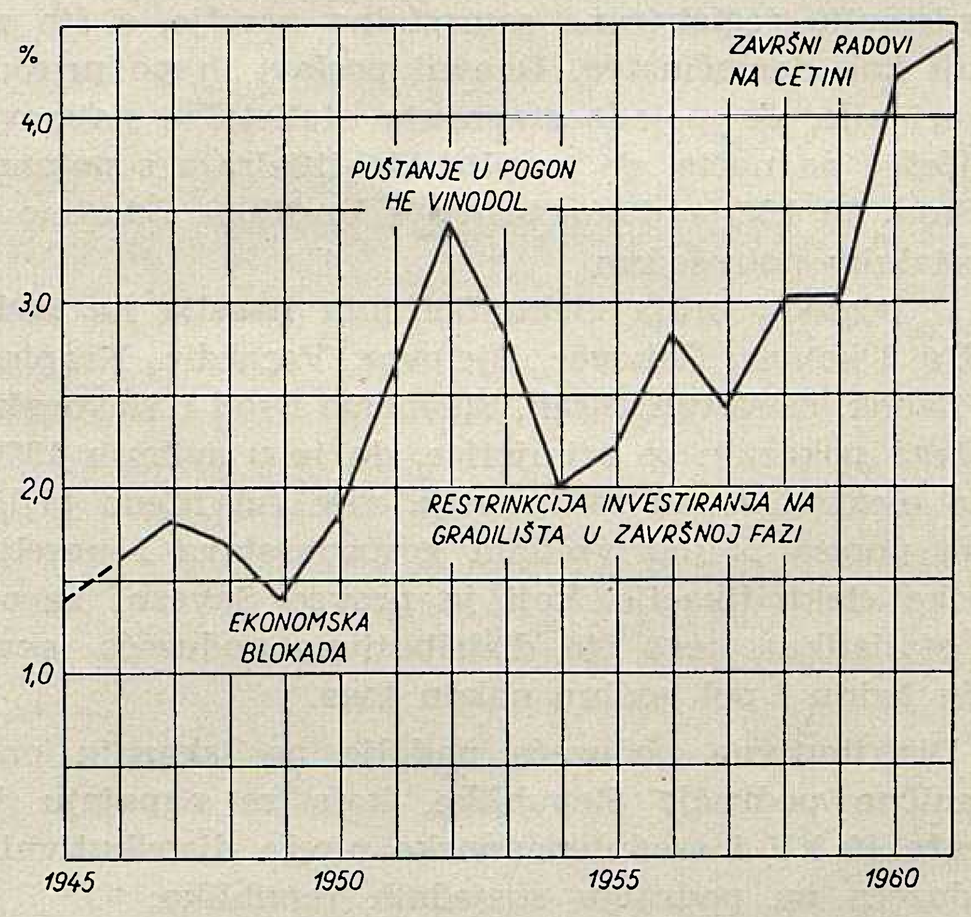
S tim u vezi zanimljivo je ispitati, što iznose elektroenergetske investicije puštene u pogon tokom proteklih pet godina, u odnosu na stanovnike, elektrificirane u istom razdoblju.

Rekapitulacija vrijednosti postrojenja puštenih u pogon za potrošno područje Hrvatske

Razdoblje	Izvori	Prijenos	Distribucija	Ukupno
	u milijunima dinara			
1957—1961.	46.265	10.491	33.471	89.227

Vrijednost postrojenja, puštenih u pogon, projicirana na domaćinstva i stanovnike, elektrificirane u razdoblju 1957—1961.

Razdoblje	Dinara po stanovniku (elektrificirano 1.045 tisuća)		Dinara po domaćinstvu (elektrificirano 275 tisuća)	
	Ukupne vrijednosti	Vrijednosti distributivne mreže	Ukupne vrijednosti	Vrijednosti distributivne mreže
1957—1961.	85.500	32.100	327.000	122.000



Sl. 4. Procentualni prikaz ulaganja narodnog dohotka područja NR Hrvatske u elektroenergetska postrojenja u razdoblju 1945 — 1961.

Ovi podaci su primjenjivi za praktične svrhe. Ne postoje doduše podaci o investicijama novoosnovanih industrija, melioracija i sl. u distributivnu mrežu. Takve su investicije prateća pojava elektrifikacije širokih područja. Može se pretpostaviti, da je polovica investicija za razdjelnu mrežu namijenjena za takve svrhe. Uoči li se ova opravdana pretpostavka, tada prednje brojke postaju još dohvatljivije i operativne za rad pojedinih odbora za elektrifikaciju.

Stanje investiranja u elektroenergetska postrojenja za potrošno područje Hrvatske 1945 — 1957.

	Novonabavna vrijednost postrojenja u pogonu							
	1945.		1955.		1956.		1957.	
	10^6 Din	%	10^6 Din	%	10^6 Din	%	10^6 Din	%
HE u Hrvatskoj	6.766	54,3	22.600	21,3	24.426	21,3	24.946	20,6
TE u Hrvatskoj	13.030		24.800	23,5	25.034	21,9	25.034	20,4
HE i TE u Sloveniji i BiH	1.100	3,0	13.100	12,4	13.100	11,6	13.100	10,8
Prijenosna postrojenja 220—110 kV	465	1,3	9.220	8,7	11.087	9,6	13.717	11,2
Postrojenja 50—26 kV			6.940	6,5	8.667	7,6	9.610	7,9
Postrojenja 20—3 kV	15.098	41,4	11.530	10,8	13.608	11,9	16.019	13,1
Postrojenja 0,4 kV			17.820	16,8	18.358	16,1	19.956	16,3
	36.459	100,0	106.010	100,0	114.280	100,0	122.382	100,0
Procentualna struktura vrijednosti postrojenja 1945 — 1957.								
Izvori		57,3	57,3		54,8		51,5	
Prijenos		1,3	8,7		9,6		11,2	
Distribucija		41,4	34,1		35,6		37,3	

Vrijednost postrojenja, puštenih u pogon 1957 — 1961, kronološki po godinama u milijunima dinara i u %

Godina	Hidroelektrane	Termoelektrane	Prijenosna mreža	Srednjenaponska mreža	Mreža 10 kV	Niskonaponska mreža i priključci	Ukupno
1957.	520		2.630	943	2.411	1.598	8.102
1958.		2.770	169	422	2.833	2.347	8.541
1959.	8.744		1.220	1.173	3.120	2.451	16.708
1960.	12.923		1.227	1.980	2.983	3.031	22.143
1961.	20.308		5.245	1.843	3.609	2.727	33.733
	42.495	2.770	10.491	6.361	14.956	12.154	89.227
Postotak %	47,6	3,1	11,8	7,1	16,8	13,6	100,0

Rekapitulaciona procentualna struktura predviđenih, ostvarenih te aktiviranih investicija petogodišnjeg razdoblja ima slijedeće visine:

Procentualna struktura predviđenih i ostvarenih te aktiviranih investicija 1957 — 1961.

	Predviđeno	Ostvareno	Aktivirano
Izvori	41,9	52,3	50,7
Prijenos	15,8	12,0	11,8
Distribucija	42,3	35,7	37,5

Iako aktivirane investicije obuhvaćaju samo pet godina, one ipak pokazuju općenito poznatu pravilnost odnosa vrijednosti sredstava izvora naprama vrijednostima prijenosa i distribucije i obratno.

U prijedlogu perspektivnog razvoja elektroprivrede Jugoslavije, struktura ulaganja bila je predviđena u odnosu 56 : 15 : 29 % radi prenisko evidentirane mase vrijednosti postojeće distributivne mreže Jugoslavije u času predviđanja [3, str. 28]. Nužnim ispravkom postotka vrijednosti jugoslavenske distributivne mreže koncem godine 1956. na cca 35 % povisuje se postotak ulaganja i aktiviranja izvora i prijenosne mreže 1957—1964. na 51,3, odnosno na 13,7 % i postizava se struktura, gotovo identična ostvarenoj strukturi ulaganja, odnosno aktiviranja izvora i mreže na području Hrvatske 1957 — 1961, a samim time identična s procentualnom strukturom ukupne vrijednosti. Nešto veći postotak pod kojim je iskazana prijenosna mreža (13,7 %) uzrokovan je naglim ulaganjima u prijenosnu mrežu 220 kV.

Ukupan tok novonabavnih vrijednosti postrojenja u pogonu za potrošno područje Hrvatske daje se u prikazima koji slijede. Da bi struktura bila potpuna, izvršena je taksacija dijela postrojenja na području drugih republika, namijenjenog potrošnji u Hrvatskoj.

Stanje investiranja u elektroenergetska postrojenja za potrošno područje Hrvatske 1958 — 1961.

	Novonabavna vrijednost postrojenja u pogonu							
	1958.		1959.		1960.		1961.	
	10^6 Din	%	10^6 Din	%	10^6 Din	%	10^6 Din	%
HE u Hrvatskoj	24.946	18,2	33.690	21,8	46.613	26,7	64.173	34,0
TE u Hrvatskoj	27.804	20,1	27.804	18,1	27.804	15,9	27.804	14,8
HE i TE u Sloveniji i BiH	20.042*	14,4	18.400*	12,0	17.100*	9,8	—	
Prijenosna postrojenja 220—110 kV	13.886	10,1	15.106	9,8	16.333	9,4	21.579	11,4
Postrojenja 50—26 kV	10.032	7,3	11.205	7,3	13.185	7,5	15.028	8,0
Postrojenja 20—3 kV	18.852	13,7	24.173	15,8	27.156	15,5	30.765	16,3
Postrojenja 0,4 kV	22.303	16,2	23.426	15,2	26.457	15,2	29.184	15,5
	137.865	100,0	153.801	100,0	174.648	100,0	188.533	100,0
Procentualna struktura vrijednosti postrojenja								
Izvori		52,7		51,9		52,4		48,8
Prijenos		10,1		9,8		9,4		11,4
Distribucija		37,2		38,3		38,2		39,8

* Utvrđeno prema investicionim količnicima HE Jajce I i II, TE Kakanj I etapa i elektrana na Dravi za količine energije, dobavljene u pojedinim godinama. U 1961. zbog puštanja u pogon HE Split I etapa ova pozicija nestaje.

Proizvodnja HE Split i novonabavna vrijednost izvora energije za potrošno područje Hrvatske 1961.

Godine 1961. puštena je u probni pogon hidroelektrana Split. Njena godišnja proizvodnja u srednjoj hidrološkoj godini iznosi 1.575 GWh, prosječna godišnja komercijalna proizvodnja 1.550,6 GWh, a sušna godišnja komercijalna proizvodnja 1.317,5 GWh.

S obzirom na smanjenje proizvodnje u HE Kraljevac nakon puštanja u pogon HE Split, neto-povećanje energije puštanjem u pogon HE Split iznosit će oko 1.250 GWh.

Godine 1961. bilo je tokom probnog pogona proizvedeno u ovoj hidroelektrani 161,5 GWh.

Što moguće veće korišćenje hidroenergije i čuvanje ugljenih rezervi tokom godine 1961. uzrokovalo je maksimum razmjene energije sa susjednim republikama Bosnom i Slovenijom. Negativan saldo ove razmjene pokazuje se u visini od 973,9 GWh. Termoelektrane u Hrvatskoj radile su u izvještajnoj godini 2870 sati (iskorišćenje 0,31).

Aktiviranje investicija hidroelektrane Split i voda 220 kV povlači za sobom potrebu eliminiranja novonabavnih vrijednosti izvora energije Slovenije i Bosne u dijelu, namijenjenom za izvršenu izmjenu energije, omogućavajući što više smanjenje iskazivanja novonabavne vrijednosti hidroelektrane Split za razliku između ostvarenih troškova izgradnje, pretpostavljeno namijenjenih prosječnom godišnjem povećanju u komercijalnoj godini od 1.250 GWh, i novonabavne vrijednosti ovog izvora energije, preostale nakon kompenziranja negativnog salda međurepubličke razmjene od 973,9 GWh. Ta razlika energetski iznosi 276,1 GWh ili 22 %.

78 % novonabavne vrijednosti hidroelektrane Split iznosi 17.015 milijuna dinara, polazeći od predviđenih troškova izgradnje ove elektrane u visini od 21.814 milijuna dinara.

Ovo je izvršeno pod pretpostavkom, da će termoelektrane u srednjoj hidrološkoj godina raditi i nadalje s niskim faktorom iskorišćenja od 0,31.

Novonabavnu vrijednost izvora energije per 1961. treba nadalje povećati za 545 milijuna dinara, kao razliku između troškova izgradnje akumulacije i hidroelektrane Peruća, utvrđenih tokom godine 1961. u ukupnoj visini od 13.468 milijuna dinara, i koncem godine 1960. iskazane novonabavne vrijednosti od 12.923 milijuna dinara.

Novonabavna vrijednost izvora energije iznosila je koncem godine 1960:

Novonabavna vrijednost izvora godine 1960.

	Milijuna dinara
Hidroelektrane u Hrvatskoj	46.613
HE i TE u Sloveniji i Bosni	17.100
Termoelektrane u Hrvatskoj	27.804
	91.517

Ukupna novonabavna vrijednost izvora energije koncem godine 1961. iznosi:

Novonabavna vrijednost izvora godine 1961.

	Milijuna dinara
Hidroelektrane u Hrvatskoj koncem godine 1960.	46.613
Hidroelektrana Split – namijenjeni dio	17.015
Akumulacija i HE Peruća – razlika iskazivanja	545
Termoelektrane u Hrvatskoj	27.804
	91.977

Za bruto-potrošnju koncem godine *1960.* od 2.676,1 GWh bili su potrebni izvori u novonabavnoj vrijednosti od 91.517 milijuna dinara ili *34,2* Din/kWh.

Za bruto-potrošnju koncem godine *1961.* u visini od 2.895,3 GWh dovoljni su izvori u novonabavnoj vrijednosti od 91.977 milijuna dinara ili *31,8* Din/kWh.

Pokazano ukupno *sniženje od 7 %* nastalo je utjecajem neobično ekonomičnog novoizgrađenog izvora energije, hidroelektrane Split.

Godine 1945 — 1946. bilo je potrošnji u Hrvatskoj stavljeno na raspolaganje 413,3 GWh. Novonabavna vrijednost elektroenergetskih postrojenja za tu svrhu, po cijenama 1955 — 1956. iznosila je 36,5 milijarda dinara ili 88,4 Din/kWh raspoložive energije.

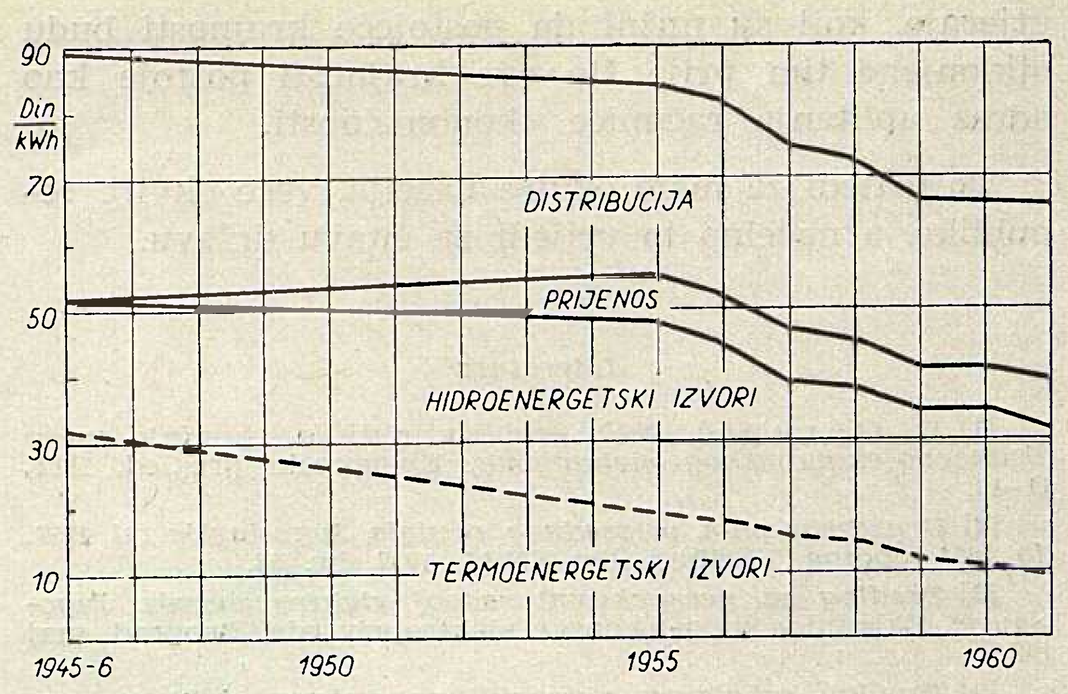
Koncem godine 1961. bilo je potrošnji u Hrvatskoj stavljeno na raspolaganje 2.895,3 GWh. Novonabavna vrijednost elektroenergetskih postrojenja za tu svrhu, po cijenama 1961 — 1962. iznosi 188,5 milijarda dinara ili 65,2 Din/kWh raspoložive energije.

Ovaj pozitivan tok pokazuje, da su novoizgrađena postrojenja u Hrvatskoj, Sloveniji i Bosni, čiji je rad dugo vremena bio namijenjen potrošnom području Hrvatske u tolikoj mjeri racionalnija i efikasnija u odnosu na uvjete rada 1945 — 1946, da su prebila i poskupljenja, koja su nastala tokom investicionog vala 1952 — 1961 (uz dvogodišnji prekid).

Raspoloživa energija, sredstva i izazvane specifične investicije potrošnje u Hrvatskoj 1945 – 1961.

Godina	Sveukupna novonabavna vrijednost mreže	Energija, bruto raspoloživa u Hrvatskoj	Specifične investicije potrošnje	Od toga		
				Izvori	Prijenos 110/220 kV	Distribucija od 50 kV na niže
	milijarda Din	GWh	Din/kWh	Din/kWh	Din/kWh	Din/kWh
1945—6.	36,5	413,3	88,4	50,7	1,1	36,6
1955.	106,0	1,278,8	83,2	47,7	7,2	28,3
1956.	114,3	1,402,3	81,5	44,7	7,8	29,0
1957.	122,4	1,654,4	74,1	38,2	8,2	27,7
1958.	137,9	1,908,3	72,2	38,0	7,3	26,9
1959.	153,8	2,336,0	65,8	34,2	6,3	25,3
1960.	174,6	2,676,1	65,3	34,2	6,1	25,0
1961.	188,5	2,895,3	65,2	31,8	7,4	26,0

Sl. 5. Opadanje specifičnih investicija za potrošno područje Hrvatske 1945 — 1961.



Promatrano investiciono, uvjeti opskrbe su danas 26,3 % povoljniji, nego što su bili godine 1946, u početku programatskih nastojanja oko iskorišćenja energetskog potencijala Jugoslavije. Vrijedna je konstatacija, da su ne samo naturalni efekti udeseterostručeni, nego da su polučeni vrijednosni efekti toliki, da su bili u stanju apsorbirati neminovan val opadanja kupovne moći.

Glavni dio pri tomu pripada racionalnoj izvedbi hidroenergetskih postrojenja, koja su svojom raspoloživom proizvodnjom mogla potisnuti potrebu proizvodnje termoelektrana i svesti je na jednu trećinu mogućeg. U tom računu kriju se znatne rezerve radi opravdano niskog faktora iskorišćenja termoelektrana zadnjih godina, koje su po sredstvima predstavljene, kao da rade s mogućom snagom.

Ostatak smanjenja od 4—6 Din/kWh nastao je postepenim prijelazom distributivne mreže na područja široke elektrifikacije i industrijskih pogona u pokrajini, uz znatno niže investicije od onih u gradovima koje prevladavaju pri uvjetima rada 1945—1946.

Analogni rekapitulacioni prikaz ovih odnosa snimljen godine 1956. u odnosu na 1961. pokazuje se u slijedećem obliku:

Petogodišnji porast sredstava i potrošnje električne energije

	1956.	1961.	Indeks
	u milijardama dinara		
Raspoloživa sredstva	114,3	188,5	165
	u milijunima kWh		
Raspoloživa električna energija	1.402,3	2.895,3	203

Društvenim planom privrednog razvoja Jugoslavije 1957 — 1961. predviđeni indeks proizvodnje električne energije iznosio je 184 [2, str. 53].

Uoči li se činjenica da je potrebu električne energije moguće pokriti novopokrenutom proizvodnjom tokom razmatranog razdoblja, tada je vidljivo da iskazana visoka ulaganja i opseg izgradnje posebno u odnosu na izvore, imaju svoj puni odraz u polučenim efektima.

V ZAKLJUČAK

Jedan od temeljnih uvjeta za usklađeni privredni i društveni razvoj određenog područja je postojanje elektroenergetske podloge.

Prema tomu ovdje se smatra mjerilom razvoja, u kojoj mjeri je područje elektrificirano.

Dospjeli smo do toga stupnja, da su dvije trećine naselja u Republici elektrificirane tj. priključene, a jedna trećina još nije.

Prije pet godina stajali smo tako, da su samo dvije petine naselja bile priključene, a tri petine nisu bile.

U proteklom razdoblju uspjelo je putem raspoložive prijenosne i srednjenaponske mreže omogućiti izravnim interesentima priključiti svojih 1.790 naselja na mrežu. Godišnje je to iznosilo oko 350 naselja.

Jednoznačno promatrano: u elektrifikaciji 27 % naselja Republike oličeni su naprijed prikazani značajni napori oko razvoja elektroenergetske mreže (izvori — prijenos — distribucija) tokom proteklih pet godina.

Pretpostavljajući da je ukupni danas snimljeni stupanj elektrifikacije, rezultat napora u ovom stoljeću, tada se pokazuje, da je tempo elektrifikacije u posljednjih pet godina peterostruki u odnosu na prosjek.

Taj razvoj doduše nije tekao dovoljno u pravcu uklanjanja krajnosti; imućniji krajevi su se jače kompletirali, a nerazvijena područja nisu sustizala predviđeni tempo.

Priključiti određeno naselje ne znači ujedno stopostotnu elektrifikaciju svih domaćinstava i gospodarstava. To ide sporije.

Na širokim područjima gospodarstva su elektrificirana procentualno u manjoj mjeri nego naselja iz razloga, što preko dvije tisuće naselja nije još uopće priključeno, a u priključenim naseljima pak ima još dvadeset četiri posto gospodarstava, koja nisu elektrificirana. Uslijed toga su gospodarstva u pokrajini elektrificirana ispod 60 %.

Ovo treba biti signal odgovornim organima, kako bi u daljnjem razvoju programatski izvršavali one

utjecaje, koji su nužni da postojeće krajnosti budu otklonjene tim prije što ove krajnosti postoje kao odraz uplitanja računice ekonomičnosti.

To vrijedi za male okvire naselja, veće okvire republike, a načelno to vrijedi za čitavu državu.

Literatura

[1] D. Gorupić, *Neki problemi daljnje izgradnje našeg društveno-ekonomskog mehanizma,* Ekonomski pregled, 1961, 11–12.

[2] *Društveni plan privrednog razvoja Jugoslavije od 1957. do 1961. godine.* Službeni list FNRJ, 1957. br. 53.

[3] *Predlog za perspektivni razvoj elektroprivrede Jugoslavije.* Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd. maj 1957.

[4] *Predlog rebalansa perspektivnog plana elektroprivrede Jugoslavije,* Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, juni 1958.

[5] *Primjedbe na Prijedlog Zajednice jugoslovenske elektroprivrede o rebalansu perspektivnog plana elektroprivrede Jugoslavije,* Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, srpanj 1958.

[6] Ing. R. Planić, *Investiranje u elektroprivredu u NR Hrvatskoj,* Energija, 8 (1959) br. 11–12.

[7] Ing. V. Horvat, *Povezivanje elektroenergetskih sistema FNRJ i Mađarske,* Energija 6 (1957), br. 9–10.

[8] *Prvi rezultati popisa stanovništva od 31. III 1961.* Savezni zavod za statistiku, Beograd, april 1961.

[9] Ing. R. Planić, *Stanje elektrifikacije u Hrvatskoj,* Energija, 9 (1960), br. 11–12.

[10] *Elektrifikacija Like.* Narodni odbor kotara i »Elektro-Lika«, Gospić 1962.

[11] Ing. R. Planić, *Izgradnja elektroenergetskih postrojenja u NR Hrvatskoj u razdoblju 1945–1955,* Godišnjak Biltena ZEPH i Instituta za elektroprivredu u Zagrebu za 1955. Izvještajni dio, Zagreb, rujan 1957.

[12] *Investiranje za elektroprivredu u evropskim zemljama,* E (ECE) 142.

[13] *Kretanje narodnog dohotka FNRJ 1947 – 1960.* Statistički godišnjak FNRJ 1961, Savezni zavod za statistiku, Beograd, august 1961.

[14] *Predlog investicionih ulaganja u elektroprivredi za period 1957 — 1961. godine.* Savezni zavod za privredno planiranje, Beograd, juni 1959.

[15] *Bruto-proizvodnja, izvoz i potrošnja električne energije u FNRJ,* Elektroprivreda, 1962, br. 1.

[16] *Investiranje u izgradnju, studij i istraživanje elektroenergetskih postrojenja na području Hrvatske godina 1957, 1958, 1959, 1960, 1961.* Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, 1958 – 1962.

Naslov pisca: Ing. Radoslav Planić, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

PARALELNI RAD TRANSFORMATORA KOJI NE ISPUNJAVAJU UVJETE ZA TAKAV RAD

Josip Vuletić i Božo Udovičić, Zagreb

U prvom dijelu ovoga članka prikazano je što se događa, kada opće poznati uvjeti za paralelan rad transformatora (ista grupa spoja, približno jednaki prijenosni omjeri, odnos nominalnih snaga najviše 3:1, te isti relativni naponi kratkog spoja) nisu ispunjeni i kolika mogu biti odstupanja, da bi se zadržao paralelni rad. Prikaz je teoretski rad, koji ima i praktičnu primjenu. Na bazi razmatranja u ovom prvom dijelu članka, u drugom su dijelu razrađene mogućnosti i situacije, kada je bolje držati jedan transformator u radu umjesto dva u paralelnom radu.

DK 621.314.21.004

I. DIO

1. UVJETI ZA PARALELAN RAD TRANSFORMATORA

Za paralelan rad transformatora uz puno iskorištenje njihove nazivne snage, potrebno je da budu ispunjeni slijedeći uvjeti:

a) Transformatori moraju pripadati istoj grupi spoja.

b) Nominalni naponi (primarni i sekundarni) moraju biti približno jednaki, a to se praktički svodi na jednakost prijenosnih odnosa. Prema prijedlogu JUS-a za transformatore [1] prijenosni omjeri se mogu razlikovati najviše $\pm$ 0,5 %.

c) Relativni naponi kratkog spoja moraju biti jednaki, odnosno smiju se razlikovati najviše $\pm$ 10 % od aritmetičke sredine napona kratkog spoja ostalih transformatora [2, 5]. Prema [4] tolerancija $\pm$ 10 % odnosi se na aritmetičku sredinu svih transformatora.

d) Omjer nominalnih snaga najvećeg i najmanjeg transformatora ne smije biti veći od 3 : 1.

Ako su ispunjeni svi gore navedeni uvjeti, elektromotorne sile inducirane na sekundarnim namotima paralelno spojenih transformatora približno su jednake, te u zamkama što ih tvore sekundarni namoti neće doći do pojave struja izjednačenja, odnosno struje izjednačenja bit će zanemarive veličine u odnosu na nominalne struje transformatora. Opterećenje će se raspodijeliti tako među transformatorima, da će svi imati puno iskorištenje nazivne snage.

Razmatranje slučajeva kada ovi uvjeti nisu ispunjeni, pokazat će utjecaj tih uvjeta na mogućnost korištenja transformatora u ograničenom području rada.

2. PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM GRUPAMA SPOJA

Pojedini namoti jednonaponske strane kod trofaznih transformatora mogu biti spojeni u zvijezdu, trokut ili cik-cak spoj. Spojevi u zvijezdi, koji se označavaju sa Y(y) i spojevi u trokutu, označavani sa slovom D(d), najčešće se upotrebljavaju kod viših napona, dok se spoj u cik-caku upotrebljava kod nižih napona (Z).

Mogućnosti paralelnog rada transformatora različitih grupa spoja i način vezivanja stezaljki (tabl. 1a i 1b)

Tablica 1a

Skupina I	0	4	8	
Skupina II	2	6	10	
Skupina III	1	5	7	11

Tablica 1b

Za paralelni rad treba zajedno spojiti stezaljke	donjeg napona	w	v	w	w	w	v	u	w	v	u	w	w	v	u	w	w	u	w	v	w	v	w
		v	u	v	v	u	w	v	v	w	v	u	v	w	v	u	v	v	u	w	v	u	v
		u	w	u	u	v	u	w	u	u	w	v	u	u	w	v	u	w	v	u	u	w	u
	gornjeg napona	W	W	U	W	V	U	W	W	V	U	W	W	V	U	W	W	V	U	W	W	W	U
		V	V	W	V	W	V	U	V	W	V	U	V	W	V	U	V	W	V	U	V	V	W
		U	U	V	U	U	W	V	U	U	W	V	U	U	W	V	U	U	W	V	U	U	V
			*			*			*				*				*				*		
Grupa spoja		1	5		1	7			1	11			5	7			5	11			7	11	

* alternative

Spojevi označeni velikim slovima označavaju gornjonaponsku stranu, a malim slovima donjonaponsku stranu.

Kombinacijom navedenih spojeva između gornjonaponske i donjonaponske strane transformatora mogu se postići različiti pomaci faza. Fazni pomaci mogu se kretati od 0^0 do 360^0 i to u skokovima od 30^0. Spomenuti fazni pomaci obično se ne izražavaju u stupnjevima nego brojkama 1—11. Hoće li se dobiti fazni pomak u stupnjevima, treba navedeni broj množiti sa 30^0.

Svi spojevi transformatora, koji imaju isti fazni pomak čine jednu grupu spoja. Najčešće susretane grupe spoja su: 0, 5, 6 i 11.

Ako su ispunjeni svi uvjeti za paralelan rad osim jednakosti grupe spoja, onda u zamkama koje tvore sekundarni namoti paralelno spojenih transformatora postoji razlika elektromotornih sila ΔE, koja tjera struju izjednačenja I_i. Ova struja izjednačenja i u najpovoljnijem će slučaju, kada je fazni pomak sekundarnih EMS jednak 30 stupnjeva, biti vrlo velika odnosno nekoliko puta veća od nominalne struje, što onemogućuje paralelan rad.

Međutim paralelan rad je moguć i između transformatora različitih spojnih grupa u nekim slučajevima. Npr. između grupa 0 i 6 te 5 i 11 moguć je paralelan rad, ako se jedan od namota grupe 6 ili 11 prespoji tako, da kraj namota postane početak, a početak kraj.

Drugi način omogućavanja paralelnog rada transformatora, odnosno postizanja jednakosti faznih pomaka sekundarnih napona, je ciklička permutacija stezaljki jedne ili obiju strana, jednog od transformatora. Međusobno spajanje je moguće, ako se grupe spoja transformatora, koji trebaju raditi paralelno, nalaze u istoj skupini prema tablici 1a.

U praksi se najčešće pojavljuju slučajevi iz skupine III.

Tablica 1b pokazuje, koje stezaljke dvaju paralelno spojenih transformatora treba vezati zajedno, a na sl. 1 dana su dva primjera.

2.1 Određivanje veličine struje izjednačenja

Budući da padovi napona na oba transformatora uslijed struje izjednačenja moraju biti jednaki razlici EMS ΔE slijedi:

$$I_{i1}\,(Z''_{11} + Z_{21}) + I_{i2}\,(Z''_{12} + Z_{22}) = \Delta E$$

gdje znači

ΔE	geometrijska razlika EMS prvog i drugog transformatora
I_{i1}, I_{i2}	struje izjednačenja prvog odnosno drugog transformatora
Z''_{11}	otpor primara prvog transformatora reduciran na sekundar
Z_{21}	otpor sekundara prvog transformatora
Z''_{12}	otpor primara drugog transformatora reduciran na sekundar
Z_{22}	otpor sekundara drugog transformatora

Kod otpora i napona prvi indeks označava primar odnosno sekundar, a drugi indeks označava transformator na koji se ta veličina odnosi.

Oznake $''$ ili $'$ pokazuju, da li je veličina reducirana na sekundar ili primar.

Struja izjednačenja koja će se pojaviti pri paralelnom radu transformatora zbog razlike EMS neće biti u oba transformatora istog smjera, ali će biti ista po iznosu, dakle:

$$I_{i1} = -\,I_{12}$$

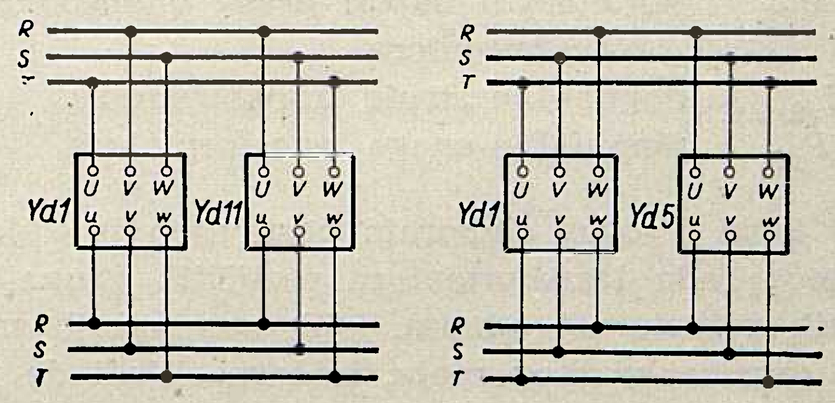
$$|\,I_{i1}\,| = |\,I_{i2}\,| = I_i$$

Ukupni otpor prvog transformatora reduciran na sekundarnu stranu je

$$Z_1 = Z''_{11} + Z_{21}$$

dok je otpor drugog transformatora reduciran također na sekundar

$$Z_2 = Z''_{12} + Z_{22}$$



Sl. 1. Primjeri za paralelan rad transformatora prema tabl. 1

Padovi napona uslijed struje izjednačenja u prvom i drugom transformatoru moraju biti jednaki razlici EMS ΔE

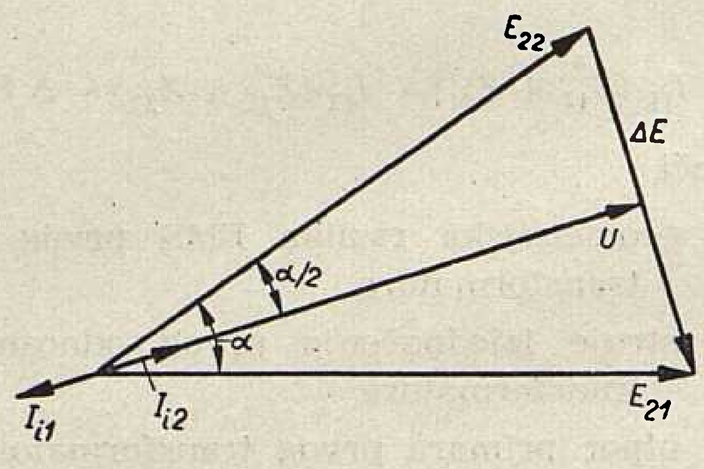
$$I_i (Z_1 + Z_2) = \Delta E$$

struja izjednačenja

$$I_i + \frac{\Delta E}{Z_1 + Z_2} \qquad (2.1)$$

Na sl. 2 prikazan je vektorski dijagram napona i struja dvaju transformatora različitih grupa spoja

Sl. 2. Vektorski dijagram napona i struja dvaju transformatora s različitom grupom spoja, jednakim nazivnim snagama, naponima kratkog spoja i prijenosnim odnosima u praznom hodu



E_{21} – sekundarna elektromotorna sila prvog transformatora
E_{22} – sekundarna EMS drugog transformatora
U – napon uspostavljen na sekundarnim stezaljkama paralelno spojenih transformatora
I_{i1}, I_{i2} – struje izjednačenja prvog odnosno drugog transformatora
ΔE – razlika sekundarnih EMS prvog i drugog transformatora

u paralelnom radu (svi ostali uvjeti za paralelni rad su ispunjeni). Iz navedenog vektorskog dijagrama se vrlo lako može odrediti da je

$$|\Delta E| = 2 |E_2| \sin \frac{\alpha}{2},$$

gdje je E_2 EMS sekundara u praznom hodu, dakle

$$E_2 = U_2 / \sqrt{3}$$

Izraze li se otpori prvog i drugog transformatora s naponima kratkog spoja, naponima na sekundaru i nominalnim snagama, dobivaju se slijedeće veličine:

$$Z_1 = \frac{e_1 U_{21}^2}{100 P_{n1}} = \frac{e_1 U_{21}}{100\ 3 I_{n1}} \qquad Z_2 = \frac{e_2}{100} \frac{U_{22}}{3 I_{n2}}$$

gdje su

e_1, e_2	napon kratkog spoja prvog odnosno drugog transformatora
U_{21}, U_{22}	sekundarni napon prvog odnosno drugog transformatora
I_{n1}, I_{n2}	nominalne struje transformatora
P_{n1}, P_{n2}	nominalne snage transformatora

U tački 2. ovog elaborata postavljen je uvjet paralelnog rada transformatora različitih grupa spoja, a istih prijenosnih odnosa, istih nominalnih snaga i istih napona kratkog spoja, iz čega slijedi da je

$$U_{21} = U_{22} = U_2,\ I_{n1} = I_{n2} = I_n,\ e_1 = e_2 = e$$

Uvrštavanjem navedenih veličina u jednadžbu (2.1) dobivamo

$$I_i = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} 2 U_2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{e_1 U_2}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_n} + \frac{e_2 U_2}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_n}} = \frac{100 \cdot I_n \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{e} \qquad (2.2)$$

ili

$$i_i = \frac{I_i}{I_n} = \frac{100 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{e} \qquad (2.3)$$

Formula 2.3 vrijedi uz sve uvjete ispunjene osim jednakosti grupe spoja.

U najpovoljnijem slučaju kut α je jednak 30^0. Ako pretpostavimo maksimalnu vrijednost za napon kratkog spoja $e_1 = 12\,\%$, dobit ćemo optimalan slučaj paralelnog rada transformatora s različitim grupama spoja:

$$i_{i1} = i_{i2} = \frac{100 \cdot \sin 15}{12} = 2{,}15$$

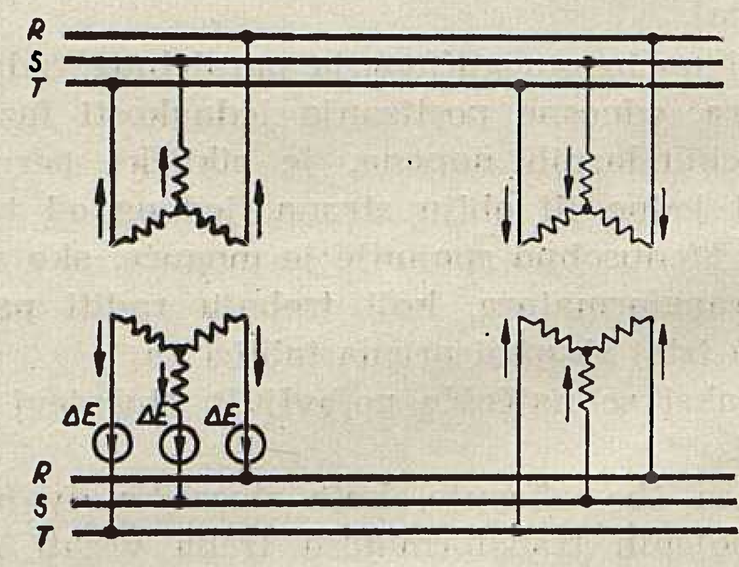
Struja izjednačenja je 2,15 puta veća od nominalne struje transformatora. Prema tome uslov jednakosti grupe spoja mora biti neophodno ispunjen.

3. *PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM ODNOSIMA, RAZLIČITIM NAPONIMA KRATKOG SPOJA I RAZLIČITIM SNAGAMA. FIZIKALNI PRIKAZ*

Kako je pokazano u (2.1) paralelan rad transformatora različitih grupa spoja nije moguć niti u najpovoljnijem slučaju, pa se u slijedećim razmatranjima uvijek smatra da su transformatori iste grupe spoja.

3.1 Prazni hod

U praznom hodu paralelno spojenih transformatora uz jednake prijenosne odnose, EMS inducirane na sekundarnim namotima bile bi jednake i ne bi tekla nikakva struja izjednačenja (sl. 3).



Sl. 3. Paralelni rad transformatora s jednakim prijenosnim odnosima; prazni hod

U slučaju različitih prijenosnih odnosa javlja se sekundarno razlika induciranih EMS ΔE, koja tjera struju izjednačenja I_{iz} (sl. 4).

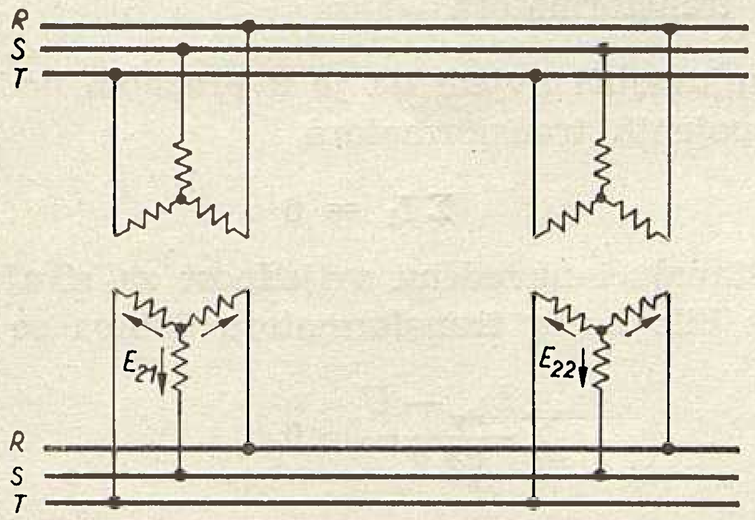
Ako je

$$E_{21} > E_{22}$$

onda je

$$\Delta E = E_{21} - E_{22}$$

Jer su primar i sekundar vezani elektromagnetski, pojava struje izjednačenja u zamki koju tvore se-



Sl. 4. Paralelni rad transformatora s različitim prijenosnim odnosima; prazni hod

ΔE – razlika EMS prvog i drugog transformatora

kundarni namoti obaju transformatora, izaziva pojavu struje izjednačenja u zamki, koju tvore primarni namoti. Zanemarenjem djelatnih otpora

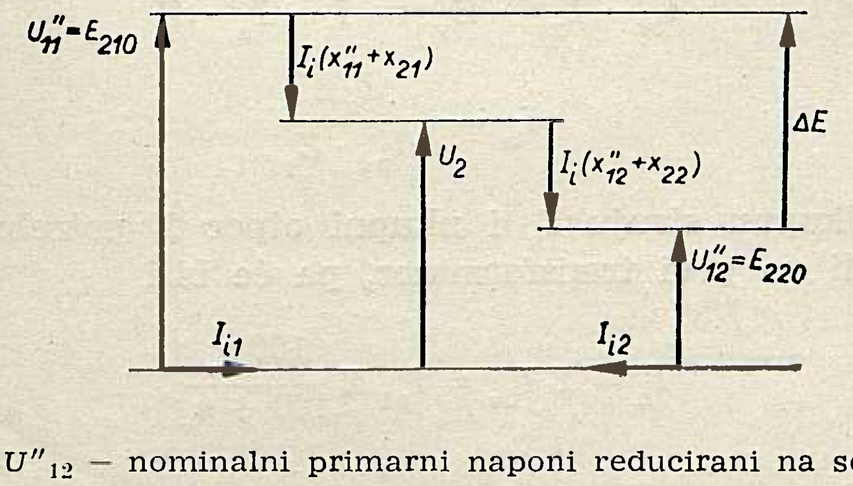
$$I_{1z} = \frac{\Delta E}{X_{k1} + X_{k2}} \qquad (2.1)$$

gdje su X_{k1} i X_{k2} reaktancije transformatora određene pokusom kratkog spoja.

Vektorski dijagram napona dan je na sl. 5.

I_{i1} tekući u transformatoru 1 zaostaje iza E_{21} za 90^0 te se u odnosu na taj transformator javlja kao induktivna, a u transformatoru 2 prethodi pred E_{22} za 90^0 pá je u tom slučaju kapacitivna. Pad napona $I_i X_{k1}$ stvoren od struje I_i smanjuje E_{21}, a pad napona $I_i X_{k2}$ povećava E_{22} (sl. 5).

Sl. 5. Vektorski dijagram napona struja paralelno spojenih transformatora s različitim prijenosnim odnosima u praznom hodu; struja magnetiziranja i omski otpori zanemareni su u fizikalnom prikazu



U''_{11}, U''_{12} – nominalni primarni naponi reducirani na sekundar prvog odnosno drugog transformatora

E_{210}, E_{220} – sekundarne EMS u praznom hodu prvog odnosno drugog transformatora

U_2 – napon uspostavljen na sek. stezaljkama

I_{i1}, I_{i2} – struje izjednačenja prvog odnosno drugog transformatora

X''_{11}, X''_{12} – primarni prazni otpori reducirani na sekundar prvog odnosno drugog transformatora

X_{21}, X_{22} – sekundarni prazni otpori prvog i drugog transformatora

3.2 Paralelan rad opterećenih transformatora

Kod opterećenja $\Delta E = E_{21} - E_{22}$, te I_i ostaje približno jednaka kao i u praznom hodu (E_1 i E_2 jednako se mijenjaju).

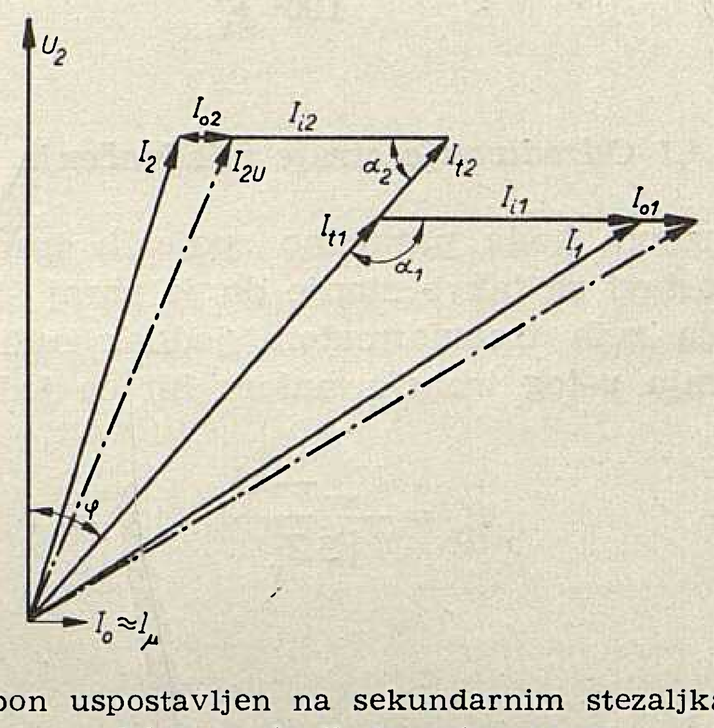
Kod opterećenja ovu struju izjednačenja treba dodati struji tereta, koja se raspodijeli među transformatorima tako, da padovi napona na jednom i drugom transformatoru budu jednaki (sl. 6). Iz te slike 6 slijedi:

1) ako je transformator 1 nominalno opterećen, transformator 2 će biti opterećen snagom manjom od nominalne tj. nedovoljno iskorišten,

2) ako je transformator 2 nominalno opterećen, transformator 1 će biti preopterećen.

Veća razlika u prijenosnim odnosima može onemogućiti paralelan rad transformatora. Prema standardu razlika u prijenosnim odnosima ne smije prijeći 0,5 %.

Sl. 6. Vektorski dijagram struja paralelno spojenih transformatora kod opterećenja



U_2 – napon uspostavljen na sekundarnim stezaljkama paralelno spojenih transformatora

I_{t1}, I_{t2} – struje opterećenja prvog odnosno drugog transformatora

I_{o1}, I_{o2} – struje magnetiziranja prvog odnosno drugog transformatora

I_{i1}, I_{i2} – struje izjednačenja prvog odnosno drugog transformatora

I_1, I_2 – ukupne struje opterećenja prvog odnosno drugog transformatora bez strujnog magnetiziranja

I_{1U}, I_{2U} – ukupne struje opterećenja prvog i drugog transformatora

4. PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM ODNOSIMA, RAZLIČITIM NAPONIMA KRATKOG SPOJA I RAZLIČITIM NOMINALNIM SNAGAMA. ANALITIČKI PRIKAZ

U poglavlju 2.1 je prikazano da nejednakost grupe spoja transformatora u paralelnom radu onemogućuje paralelan rad transformatora, pa je zato nužno i prilikom najopćenitijeg razmatranja paralelnog rada transformatora uz neispunjenje ostalih uvjeta, imati jednake grupe spoja ili mogućnost cikličke permutacije stezaljki da se postigne isti fazni pomak odgovarajućih sekundarnih napona.

Neka ima v-transformatora u paralelnom radu. Odabiranjem jednog transformatora kao prvog i svođenjem karakterističnih veličina ostalih transformatora na veličine prvog transformatora dobivamo

nazivnu snagu v-tog transformatora

$$P_{nv} = P_{n1} \cdot p_v \tag{4.1}$$

napon kratkog spoja

$$\frac{e_v - e_1}{e_1} 100 = a_v; \quad e_v = e_1 \frac{100 + a_v}{100} \tag{4.2}$$

sekundarni napon

$$\frac{U_{nv} - U_{n1}}{U_{n1}} 100 = u_v; \quad U_{nv} = U_{n1} \frac{100 + u_v}{100} \tag{4.3}$$

Nazivna sekundarna struja dobije se pomoću (4.1) i (4.3):

$$I_{nv} = I_{n1} \frac{100\, p_v}{100 + u_v} \tag{4.4}$$

Impedancija *v-tog* transformatora:

$$Z_v = Z_1 \frac{(100 + u_v)^2 (100 + a_v)}{100^3\, p_v} \tag{4.5}$$

4.1 Određivanje struje izjednačenja

U praznom hodu paralelno spojenih transformatora uspostavi se takvo stanje da je zbroj struja izjednačenja svih transformatora jednak nuli. Struja izjednačenja v-tog transformatora bit će jednaka

$$I_{iv} = \frac{U_{nv} - U}{\sqrt{3}\, Z_v}$$

gdje su

- U_{nv} nazivni sekundarni napon, koji je jednak primarnom nazivnom naponu reduciranom na sekundar, odnosno EMS u praznom hodu reduciranim na sekundar v-tog transformatora
- Z_v impedancija v-tog transformatora reducirana na sekundar
- U napon na sekundarnim sabirnicama uspostavljen u praznom hodu paralelno spojenih transformatora

Ispunjavajući uvjete da je u praznom hodu paralelno spojenih transformatora

$$\Sigma I_1 = 0$$

te uvrštavajući navedenu vrijednost za struju izjednačenja bilo kojeg transformatora dobiva se

$$\sum \frac{U_{nv} - U}{\sqrt{3}\, Z_v} = 0$$

odakle dobivamo napon na sekundaru paralelno spojenih transformatora u praznom hodu

$$U = \frac{\Sigma\, U_{nv}/Z_v}{\Sigma\, 1/Z_v} \tag{4.6}$$

Svođenjem na nazivni napon prvog transformatora

$$U = U_{n1} \frac{\sum \dfrac{p_v}{(100 + u_v)\,(100 + a_v)}}{\sum \dfrac{100\, p_v}{(100 + u_v)^2 (100 + a_v)}} \tag{4.7}$$

Struja izjednačenja v-tog transformatora svedena na prvi transformator

$$I_{iv} = i_{iv} \cdot I_{nv} = \frac{U_{nv} - U}{\sqrt{3}\, Z_v}$$

$$i_{iv} = \frac{100^2}{e_1 (100 + u_v)\,(100 + a_v)} \left[100 + u_v - \frac{\dfrac{p_v}{(100 + u_v)\,(100 + a_v)}}{\dfrac{p_v}{(100 + u_v)^2 (100 + a_v)}} \right] \tag{4.8}$$

Izraz (4.8) daje relativnu vrijednost struje izjednačenja s obzirom na nazivnu struju v-tog transformatora

4.2 Određivanje struje opterećenja

Ako opteretimo transformatore, struja tereta se raspodijeli tako, da padovi napona na svim transformatorima budu jednaki međusobno i jednaki padu napona na paralelnoj kombinaciji

$$I_{tv} \cdot Z_v = I_t \cdot Z \tag{4.9}$$

gdje je

- I_t ukupna struja opterećenja
- Z ukupni otpor svih paralelno spojenih transformatora

Relativnu vrijednost struje tereta v-tog transformatora izrazit ćemo pomoću nazivne struje v-tog transformatora, relativne vrijednosti struje tereta svih transformatora u paralelnom radu i sume nazivnih struja transformatora

$$i_{tv} \cdot I_{nv} \cdot Z_v = I_t \cdot I_n \cdot Z$$

$$i_{tv} = i_t \frac{I_n Z}{I_{nv} \cdot Z_v} \tag{4.9a}$$

Ukupnu struju I_n i ukupni otpor Z potrebno je svesti na prvi transformator, pa će biti

$$I_n = \Sigma\, I_{nv} = I_{n1}\, \Sigma \frac{100\, p_v}{100 + u_v} \tag{4.10}$$

$$Z = \frac{1}{\sum \dfrac{1}{Z_v}}$$

Uvrsti li se za Z_v vrijednost iz (4.5) dobivamo

$$Z = \frac{1}{\sum \dfrac{100^3\, p_v}{Z_t (100 + u_v)^2\,(100 + a_v)}} \tag{4.11}$$

Struja tereta v-tog transformatora:

$$i_{tv} = i_t \frac{\sum \frac{p_v}{100 + u_v}}{(100 + u_v)(100 + a_v) \sum \frac{p_v}{(100 + u_v)^2)100 + a_v)}} \qquad (4.12)$$

4.3 Određivanje ukupne struje opterećenja

Ukupnu struju kojom opterećujemo v-ti transformator dobijemo vektorskim zbrajanjem struje izjednačenja i struje tereta, kao na sl. 6.

$$\bar{I}_v = \bar{I}_{iv} + \bar{I}_{tv}$$

Koristeći dijagram na sl. 6 dobivamo

$$I_1 = \sqrt{I_{t1}^2 + I_{i1}^2 - 2 I_{t1} I_{i1} \cos \alpha_1}$$

gdje je

$$\alpha_1 = 90 + \varphi$$

a iz čega slijedi da je

$$\cos \alpha_1 = - \sin \varphi$$

Unese li se to u iznos za I_1 dobiva se

$$I_1 = \sqrt{I_{t1}^2 + I_{i1}^2 - 2 I_{t1} I_{i1} \sin \varphi} \qquad (4.13)$$

Unese li se to u iznos za I_1 dobiva se

$$I_2 = \sqrt{I_{t2}^2 + I_{i2}^2 - 2 I_{t2} \cdot I_{i2} \sin \varphi}$$

Analogno vrijedi za struju opterećenja bilo kojeg transformatora, dakle

$$I_v = i_v I_{nv} = \sqrt{i_{tv}^2 I_{nv}^2 + i_{iv}^2 I_{nv}^2 + 2 i_{tv} \cdot I_{nv} \cdot i_{iv} \cdot I_{nv} \sin \varphi}$$

dok je relativna vrijednost ukupne struje opterećenja v-tog transformatora jednaka

$$i_v = \sqrt{i_{tv}^2 + i_{iv}^2 \pm 2 i_{tv} \cdot i_{iv} \sin \varphi} \qquad (4.14)$$

U formuli (4.14) posljednji izraz pod korijenom ($2 i_{tv} \cdot i_{iv} \sin \varphi$) treba pribrojiti, ako je struja izjednačenja s obzirom na promatrani transformator induktivna, a odbiti ako je kapacitivna, što slijedi i prema izračunanom predznaku struje izjednačenja.

Argument ukupne struje

$$\operatorname{tg} \varphi_v = \frac{I_{ib} + I_{tv} \cdot \sin \varphi}{I_{tv} \cos \varphi} = \frac{i_{iv}}{i_{tv} \cos \varphi} + \operatorname{tg} \varphi \qquad (4.15)$$

Navedene relacije omogućuju određivanje struje opterećenja pojedinih transformatora u proznom hodu, kad dolazi u obzir samo struja izjednačenja ili pak pod teretom, kad struji izjednačenja treba pribrojiti još i struje tereta.

4.4 Određivanje ukupne struje opterećenja ako se uzme u obzir i struja magnetiziranja

Prema [4] struja praznog hoda iznosi 1—3 % za velike, oko 5 % za srednje i iznad 5 % vrijednosti nominalne struje za transformatore malih snaga, dok je u [3] navedeno, da je struja praznog hoda 4—8 % vrijednosti nominalne struje.

Aktivna komponenta struje praznog hoda iznosi oko 10 % struje praznog hoda [4] odnosno $\cos \varphi_0 = 0{,}1$, a kut između struje praznog hoda i struje magnetiziranja je oko 6 stupnjeva. Za račun se može uzeti, da je $I_\mu = I_0$. Struja ukupnog opterećenja u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja može se dobiti iz (4.14) ako se umjesto i_{iv} uvrsti $(i_{iv} + i_{ov})$. Treba napomenuti, da i_{iv} treba uvrstiti s izračunanim predznakom dobivenim iz (4.8), tako da i_{ov} povećava ili smanjuje i_{iv} već prema tome, da li se struja izjednačenja i_{iv} javlja s obzirom na promatrani transformator kao induktivna ili kapacitivna (sl. 6).

Relativna struja opterećenja v-tog transformatora, u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja dana je formulom

$$i_{vu} = \sqrt{i_{tv}^2 + (i_{iv} + i_{ov})^2 + 2 i_{tv} \cdot (i_{iv} + i_{ov}) \sin \varphi} \qquad (4.16)$$

4.5 Tri transformatora u paralelnom radu

U izrazima (4.8), (4.12) i (4.14) ima 6 varijabilnih veličina: e_1, a_v, u_v, p_v, i_t i kut φ. Veliki broj varijabilnih véličina onemogućava grafički prikaz u najopćenitijem obliku, pa je zato potrebno neke od njih uzeti konstantne, što ide na štetu općenitosti grafičkog prikaza.

Rade li 3 transformatora paralelno, onda će relativna vrijednost struje izjednačenja i relativna vrijednost struje tereta v-tog transformatora glasiti

$$i_{iv} = \frac{100^2}{e_1 (100 + u_v)(100 + a_v)} \left[100 + u_v - \frac{\frac{1}{100^2} + \frac{p_2}{(100 + u_2)(100 + a_2)} + \frac{p_3}{(100 + u_2)(100 + a_3)}}{\frac{1}{100^3} + \frac{p_2}{(100 + u_2)^2 (100 + a_2)} + \frac{p_3}{(100 + u_3)^2 (100 + a_3)}} \right]$$

$$i_{tv} = \frac{i_t}{(100 + u_v)(100 + a_v)} \cdot \frac{\frac{1}{100} + \frac{p_2}{100 + u_2} + \frac{p_3}{100 + u_3}}{\frac{1}{100^3} + \frac{p_2}{(100 + u_2)^2 (100 + a_2)} + \frac{p_3}{(100 + u_3)^2 (100 + a_3)}}$$

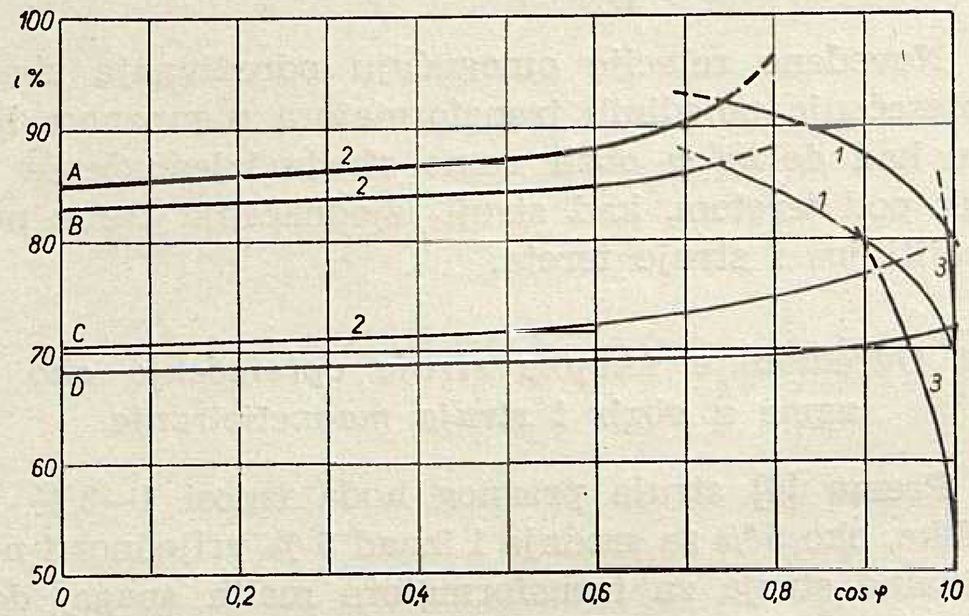
Pretpostavlja se da transformatori imaju slijedeće podatke:

1.	$e_1 = 5\,\%$;	$u_1 =$	0	; $p_1 =$	1 ;	$a_1 =$ 0
2.		$u_2 =$	2,5 %;	$p_2 =$	4 ;	$a_2 =$ 30 %
3.		$u_3 =$	−2,5 %;	$p_3 =$	0,5;	$a_3 =$ 20 %

Prema preporukama za paralelni rad transformatora ova 3 transformatora ne bi smjeli držati u paralelnom radu, niti zbog prijenosnog odnosa, niti zbog odnosa snaga, niti zbog razlike napona kratkog spoja.

Uvrštenjem ovih vrijednosti u gornje jednadžbe dobivamo za relativne vrijednosti struja izjednačenja

Sl. 7. Ovisnost ukupnog opterećenja tri, dva te jednog transformatora (i %) s različitim snagama, naponima kratkog spoja i prijenosnim odnosima o cos φ tereta, a da nijedan transformator ne bude opterećen



1 – prvi transformator
2 – drugi transformator
3 – treći transformator
} nominalno opterećen ostali podopterećeni

A – tri transformatora (podaci u pogl. 4. 5)
B – prvi i drugi transformator
C – drugi i treći transformator
} u paralelnom radu

D – drugi transformator sam u pogonu

i struja tereta pojedinih transformatora slijedeće iznose:

$$i_{i1} = -28{,}6\ \%; \qquad i_{t1} = 124{,}00 \cdot i_t\ \%$$
$$i_{i2} = 16{,}07\ \%; \qquad i_{t2} = 93{,}25 \cdot i_t\ \%$$
$$i_{i3} = -67{,}2\ \%; \qquad i_{t3} = 106{,}00 \cdot i_t\ \%$$

Prema jednadžbi (4.16) ukupno opterećenje pojedinog transformatora jednako je

$$i_v = \sqrt{i_{tv}^2 + (i_{iv} + i_{ov})^2 + 2\, i_{tv} \cdot (i_{iv} + i_{ov}) \sin \varphi}$$

Želimo li izračunati ukupno relativno opterećenje svih transformatora i_t uz pretpostavku da je jedan od transformatora nominalno opterećen, slijedi da je $i_v = 1$.

$$1 = i_{tv}^2 + (i_{iv} + i_{ov})^2 + 2\, i_{tv} \cdot (i_{ivt} + i_{ov}) \sin \varphi \qquad (4.17)$$

Za određivanje veličine struje magnetiziranja i_0, koja bi davala najoptimalnija rješenja u ovako općenitom prikazu, poslužit će slika 6.

Ako je struja tereta transformatora 1 manja od struje tereta transformatora 2 (što je određeno impedancijama transformatora) kao na sl. 6, onda će u području $\cos \varphi = 1$ biti više opterećen transformator 2 nego transformator 1, odnosno ukupno opterećenje oba transformatora moći ćemo povećati dotle, dok transformator 2 ne bude nominalno opterećen, a transformator 1 će biti podopterećen.

Struja magnetiziranja u ovom slučaju a za područje $\cos \varphi = 0$ smanjuje ukupnu struju opterećenja transformatora 2, tj. s povećanjem struje magnetiziranja mogu se više opteretiti oba transformatora. S povećanjem opterećenja može se ići sve dok transformator 2 ne bude nominalno opterećen.

Prema sl. 6 vidljivo je, da će u području $\cos \varphi = 0$ veličinu ukupnog opterećenja određivati transformator 1. U ovom području struja magnetiziranja povećava ukupnu struju opterećenja transformatora 1, tj. s povećanjem struje magnetiziranja smanjuje se veličina ukupnog opterećenja i to dotle, dok transformator 1 bude nominalno opterećen.

Ako pretpostavimo preveliku struju magnetiziranja u području $\cos \varphi = 1$ dobit ćemo veću mogućnost opterećenja transformatora od stvarne, a u području $\cos \varphi = 0$ manju. Uz premalenu struju magnetiziranja imamo obrnut slučaj. Da bi greška bila što manja pretpostavit ćemo struju magnetiziranja 5 %. Do istog zaključka dolazi se i uz drukčije odnose impedancija i sekundarnih napona.

Za sva tri transformatora uzet će se struja magnetiziranja jednaka 5 %, iako transformator 2 sa većom snagom bi trebao imati manju relativnu struju magnetiziranja. Struja magnetiziranja 5 % I_n je tri puta manja od struje izjednačenja drugog transformatora, pa smanjenje struje magnetiziranja za npr. 10 % (na 4,5 %) bi značilo smanjenje struje $(i_{i2} + i_{02})$ za 2,5 %, što se u ovom računu može zanemariti.

Jednadžba (4.17) daje, nakon uvrštenja gore izračunanih vrijednosti za i_{iv} i i_{tv}, veličinu ukupnog relativnog opterećenja svih transformatora i_t uz $i_v = 1$.

Za gornju pretpostavku izračunate vrijednosti navedene su u tablici 2.

Ukupno postotno opterećenje i_t svih transformatora uz $i_v = 1$

Tablica 2

cos φ	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
$i_1 = 1$	99,7	98,9	97,7	95,2	93	90,5	87,1	84,7	82	78,2
$i_2 = 1$	84,9	85,4	86,5	88,4	90,7	92,3	96,3	98,3	100,8	105,3
$i_3 = 1$	153,2	151,4	145	134,1	126,1	116,2	103,6	94,3	86,4	83,7

Mogućnost opterećenja svih transformatora u ovisnosti o cos φ tereta prikazana je na sl. 7.

U nekim slučajevima opterećenja teret bi mogla primiti samo dva transformatora a možda bi kod nekog cos φ taj teret bio veći nego sa sva tri transformatora u pogonu.

Promotrit ćemo paralelni rad prvog i drugog transformatora (najmanja razlika u prijenosnom odnosu i nazivnim snagama), drugog i trećeg (najmanja razlika u naponima kratkog spoja), te samo drugog transformatora (najveća nazivna snaga).

Za slučaj da rade paralelno prvi i drugi transformator, tj. da postoji najmanja razlika u prijenosnim odnosima i nazivnim snagama, onda je relativna vrijednost struje izjednačenja v-tog transformatora

$$i_{iv} = \frac{100^2}{e_1 (100 + u_v)\ (100 + a_v)} \left[100 + u_v - \frac{\dfrac{1}{100^2} + \dfrac{p_2}{(100 + u_2)\ (100 + a_2)}}{\dfrac{1}{100^3} + \dfrac{p^2}{(100 + u_2)^2\ (100 + a_2)}} \right]$$

Ovaj izraz je dobiven iz (4.8), a vrijedi ako su u paralelnom radu prvi i drugi transformator.

Kod određivanja i_{tv} za 2 transformatora treba struju tereta svesti na zbroj raznih struja sva 3 transformatora, da bi bila moguća usporedba s prethodnim slučajem. Ovo analogno vrijedi i za ostale kombinacije sa 2 transformatora u paralelnom radu, odnosno kada samo jedan transformator opteretimo.

Uvrštavanjem u (4.9a) vrijednosti za I_{nv} (4.4), Z_v (4.5), I_n (4.10), te za

$$Z = \frac{1}{\frac{100^3 p_1}{Z_1'(100+u_1)^2(100+a_1)} + \frac{100^3 p_2}{Z_1(100+u_2)^2(100+a_2)}}$$

prema (4.11), dobivamo

$$i_{tv} = \frac{i_t}{(100+u_v)(100+a_v)} \cdot \frac{\frac{1}{100} + \frac{p_2}{100+u_2} + \frac{p_3}{100+u_3}}{\frac{1}{100^3} + \frac{p_2}{(100+u_2)^2(100+a_2)}}$$

Rade li u paralelnom radu drugi i treći transformator, koji imaju najmanju razliku u naponima kratkog spoja, onda se dobiva za relativnu vrijednost struje izjednačenja slijedeće:

$$i_{iv} = \frac{100^2}{e_1(100+u_v)(100+a_v)} \left[u_v + 100 - \frac{\frac{p_2}{(100+u_2)(100+a_2)} + \frac{p_3}{(100+u_3)(100+a_3)}}{\frac{p_2}{(100+u_2)^2(100+a_2)} + \frac{p_3}{(100+u_3)^2(100+a_3)}} \right]$$

$$i_{tv} = \frac{i_t}{(100+u_v)(100+a_v)} \cdot \frac{\frac{1}{100} + \frac{p_2}{100+u_2} + \frac{p_3}{100+u_3}}{\frac{p_2}{(100+u_2)^2(100+a_2)} + \frac{p_3}{(100+u_3)^2(100+a_3)}}$$

Ako su u pogonu prvi i drugi transformatori dobivamo rezultate

$$i_{i1} = 37{,}26\ \%; \qquad i_{t1} = 137{,}7\ i_t\ \%$$
$$i_{i2} = 9{,}55\ \%; \qquad i_{t2} = 103{,}3\ i_t\ \%$$

Za pogon s drugim i trećim transformatorom imamo

$$i_{i2} = 9{,}83\ \%; \qquad i_{t2} = 121{,}0\ i_t\ \%$$
$$i_{i3} = 74{,}4\ \%; \qquad i_{t3} = 137{,}6\ i_t\ \%$$

Mogućnost opterećenja dvaju transformatora za prvu ili drugu kombinaciju data je u tablici 3 i sl. 7.

Mogućnost opterećenja i_t dvaju transformatora uz $i_{tv} = 1$

Tablica 3

cos φ	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
					1 i 2					
$i_1 = 1$	96,1	95,3	93,7	90,1	87,4	84,5	79,6	76,5	73,7	68,8
$i_2 = 1$	83,1	83,2	83,7	84,8	86,1	87,7	90,1	92	93,3	96,2
					2 i 3					
$i_2 = 1$	70,4	70,5	71,3	72,6	73,5	74,9	76,5	78	79,5	81,9
$i_3 = 1$	123,1	121,2	116	106,6	99,8	90,5	78,9	71,3	63,1	52,3

Ako stavimo u pogon samo drugi transformator, struju tereta I_{t2} treba svesti na sumu nominalnih struja sva tri transformatora:

$$i_t = \frac{I_{t2}}{I_{n1} + I_{n2} + I_{n3}} = \frac{I_{n2}}{I_{n1} + I_{n2} + I_{n3}} \cdot i_{t2}$$

Odatle slijedi

$$i_t = \frac{\frac{p_2}{100+u_2}}{\frac{1}{100} + \frac{p_2}{100+u_2} + \frac{p_3}{100+u_3}} \cdot i_{t2} = \frac{1}{1{,}39} \cdot i_{t2}$$

Uvrštenjem u ovu relaciju veličine i_{t2} izračunane iz (4.16) računajući sa strujom magnetiziranja 5 %, dobijemo struju opterećenja i_t drugog transformatora.

Mogućnost opterećenja i_t % drugog transformatora

Tablica 4

cos φ	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
$i_2 = 1$	68,4	68,5	68,8	69,2	69,5	69,9	70,3	70,8	71,3	72

Ostale kombinacije nećemo obrađivati, jer se radi o transformatorima s izričito relativno malim snagama.

Dijagram na sl. 7 pokazuje da u raznim područjima cos φ mogućnost opterećenja sva tri transformatora ograničavaju različiti transformatori.

U području od cos φ = 0 do cos φ = 0,76 nominalno je opterećen drugi transformator a ostali podopterećeni. U tački koja odgovara cos φ = 0,76 oba transformatora s većom snagom nominalno su opterećena. Nadalje do tačke cos φ = 0,985 nominalno je opterećen prvi transformator, a drugi i treći su podopterećeni. Između cos φ = 0,985 i cos φ = 1 puno je opterećen treći transformator. Sada struja izjednačenja ne kompenzira struju tereta zbog velikog cos φ, nego čini rezultantu koja je veća od struje tereta.

Slično ovome dana je mogućnost opterećenja dvaju transformatora, te transformatora najveće snage.

Ako želimo preuzeti što veći teret onda prema dobivenim rezultatima, moraju biti u pogonu sva tri transformatora. Dijagrami pokazuju mogućnost opterećenja transformatora, ako se uzme u obzir struja magnetiziranja ili ne.

(Svršit će se)

ELEKTRIFIKACIJA PRIGORJA

Ivan Janić, Zagreb

Načelne postavke elektrifikacije Prigorja za perspektivu od 30 godina. Na kraju promatranog razdoblja obuhvaćeno područje imat će 265.000 stanovnika i 68.300 kućanstava. Rezultat analize pokazuje da će maksimalno opterećenje iznositi 77,4 MW, a potrošnja električne energije 326.500 MWh. Ovom odgovara prosječni godišnji eksponencijalni prirast od 7,6 % za maksimalno opterećenje odnosno 7,8 % za potrošnju električne energije.

DK 621.311.1 (497.13)

SADAŠNJE STANJE

Područje i stanovništvo

Obuhvaćeno područje površine 2.636 m², odnosi se na područje kotara Križevci i vanjsko područje Zagreba koje čine općine Zaprešić, Samobor, Velika Gorica, Sesvete, Dugo Selo, Zelina i južni dio općine Remetinec. Od toga na područje kotara Križevci otpada 1068 km², a na promatrano vanjsko područje grada Zagreba 1.568 km².

Prema popisu stanovništva 1953. na tom području bilo je ukupno 224.829 stanovnika (kotar Križevci 80.716 stanovnika, vanjsko područje Zagreba 144.113 stanovnika) i 56.389 kućanstava (kotar Križevci 20.771 kućanstava, vanjsko područje Zagreba 35.618 kućanstava). Prosječno je dolazilo 85 stanovnika na km² i 4 stanovnika po kućanstvu. Promatrano vanjsko područje grada Zagreba je gušće naseljeno. Tu dolazi prosječno 92 stanovnika po km², dok u kotaru Križevci dolazi 76 stanovnika po km².

Porast stanovništva od 1921. do 1953. iznosi 12,6 %.

Stanje elektrifikacije i konzum

Promatrano područje je dosta dobro elektrificirano. Krajem 1959. bilo je već elektrificirano 84 % naselja i 77 % kućanstava.

Na promatranom području nalaze se dva distributivna elektroprivredna poduzeća: »Elektra« Zagreb i »Elektra« Bjelovar. Pod »Elektru« Bjelovar spada područje TS 30/10 kV Križevci, dok ostalo područje spada pod »Elektru« Zagreb.

Ukupna potrošnja električne energije 1959. iznosila je 33.908 MWh. Od toga otpada na vanjsko područje Zagreba 29.642 MWh, a na područje TS 30/10 kV Križevci 4.266 MWh. Prosječni godišnji eksponencijalni prirast ukupne potrošnje električne energije za čitavo područje od 1951. do 1959. iznosi 19,7 % (vanjsko područje Zagreba 18,5 %, područje TS 30/10 kV Križevci 33,6 %).

Kako se vidi porast potrošnje električne energije na području Prigorja vrlo je velik.

Ukupno nabavljena električna energija iznosila je 1959. godine 40.178 MWh, dok su ukupni gubici električne energije iznosili 15,6 %.

Od ukupne potrošnje električne energije otpada na široku potrošnju 19.284 MWh, odnosno 56,9 %, a na ostale potrošače 14.624 MWh, odnosno 43,1 %.

Pod širokom potrošnjom smatraju se slijedeće potrošačke grupe: kućanstvo, rasvjeta poslovnih i društvenih područja, motori i aparati, javna rasvjeta i preprodavači.

Udio kućanstva u širokoj potrošnji iznosio je 1959. godine 57,4 % odnosno 11.069 MWh.

Prosječni godišnji eksponencijalni prirast široke potrošnje od 1951. do 1959. iznosi za ukupno područje 19,5 % (Vanjsko područje Zagreba 18,0 %, područje TS 30/10 kV Križevci 33,2 %), a za potrošnju u kućanstvu za ukupno područje 21.3 % (Vanjsko područje Zagreba 20,0 %, područje TS 30/10 kV Križevci 33,3 %).

Specifična potrošnja električne energije široke potrošnje svedena na kućanstvo iznosila je 1959. godine 573 kWh, a potrošnja električne energije u kućanstvu po kućanstvu 329 kWh. Obje vrijednosti su znatno ispod prosjeka u NR Hrvatskoj (914 kWh/kuć, odnosno 613 kWh/kuć.).

Prosječni eksponencijalni prirast ostale potrošnje od 1951. do 1959. godine iznosi za ukupno područje 20,0 % (Vanjsko područje Zagreba 19,5 %, područje TS 30/10 kV Križevci 34,6 %).

Ukupno maksimalno opterećenje iznosilo je 1959. godine 8,7 MW. Maksimalno opterećenje široke potrošnje procijenjeno je sa 6,9 MW, a ostalih potrošača sa 3,2 MW.

Uzevši u obzir gubitke snage ukupno maksimalno opterećenje je iznosilo cca 10,5 MW.

Električna mreža

Promatrano područje snabdijeva se iz transformatorskih stanica 110/30 kV Rakitje, Klara i Resnik.

TS 110/30 kV Rakitje puštena je u pogon 1951. U stanici su sada instalirana dva transformatora po 25 MVA, s pripadnim regulacionim transformatorima u štednom spoju od 30 MVA. Stanica je vezana vodovima 110 kV s termoelektranama Brestanica i Jertovec, te hidroelektranama Gojak i Vinodol, kao i s TS 110/30 kV Klara, odnosno TS 110/30 kV Resnik.

TS 110/30 kV Klara puštena je u pogon 1946., te je do 1955. radila kao razdjelna stanica. U stanici je sad instaliran transformator od 35 MVA s regulacionim transformatorom u štednom spoju od 35 MVA. TS 110/30 kV Klara izgrađena je kao provizorij te će biti napuštena.

TS 110/30 kV Resnik puštena je u pogon 1958. U stanici su instalirana dva regulaciona transformatora po 60 MVA. Stanica je vezana vodovima 110 kV s TE Jertovec i HE Jajce (2 voda), kao i s TS 110/30 kV Klara, odnosno TS 110/30 kV Rakitje.

Sve te stanice snabdijevaju i uže područje grada Zagreba.

Mreža 30 kV na području Prigorja uvedena je na drvenim ili betonskim stupovima s presjekom vodiča 3×70 mm² Cu, 3×50 mm² Cu i 3×35 mm² Cu. Ukupna duljina vodova 30 kV iznosi 246 km.

Na promatranom području nalazi se osam transformatorskih stanica 30/10 kV: Novi Dvori, Samobor, Kalinovica, Velika Gorica, Božjakovina, Križevci, Sesvete i Zelina. Ukupna instalirana snaga transformatorskih stanica 30/10 kV iznosi 17.300 kVA.

Distributivna mreža 10 kV izvedena je većinom s bakrenim vodičima presjeka 3×16 mm² do 3×35 mm², a manjim dijelom i s vodičima od alučela presjeka 3×25 mm² i 3×35 mm². Ukupna duljina vodova 10 kV iznosi 700 km.

Na promatranom području postoji ukupno 381 transformatorska stanica 10/0,4 kV, s ukupno instaliranom snagom od 25.600 kVA.

PERSPEKTIVNI RAZVOJ KONZUMA

Perspektivno opterećenje odnosno konzum električne energije procijenjeni su za period od 30 godina koliko se prosječno uzima i trajnost mreže.

Analiza perspektivnog konzuma provedena je posebno za široku potrošnju, a posebno za ostale potrošače.

Široka potrošnja

Kod analize perspektivnog konzuma sveden je konzum široke potrošnje na jedno kućanstvo. Posebno je razmatrano seosko, a posebno stanovništvo većih mjesta.

U I grupu »većih mjesta« uzeta su slijedeća općinska i veća mjesta: Zaprešić, Pojatno-naselje, Velika Gorica, Sesvete, Sesvetski Kraljevac, Dugo Selo, Zelina, Vrbovec, Žabno i Orehovec.

U II grupu »većih mjesta« uzeto je kotarsko mjesto Križevci i općinsko mjesto Samobor.

Analiza maksimalnog opterećenja široke potrošnje dala je ove rezultate za specifična opterećenja (W/kućanstvu):

Grupa	Specifično opterećenje (W/kuć)		
	Mreža 10 kV	TS 30/10 kV	TS 110/30 kV
Seosko stanovništvo	360	333	325
Veća mjesta I grupa	800	740	726
Veća mjesta II grupa	1000	925	910

Kod toga je uzeta u obzir neistovremenost nastupa maksimalnih opterećenja pojedinih potrošača, tj. uzeto je da je ukupno maksimalno opterećenje znatno manje od zbroja pojedinih maksimalnih opterećenja

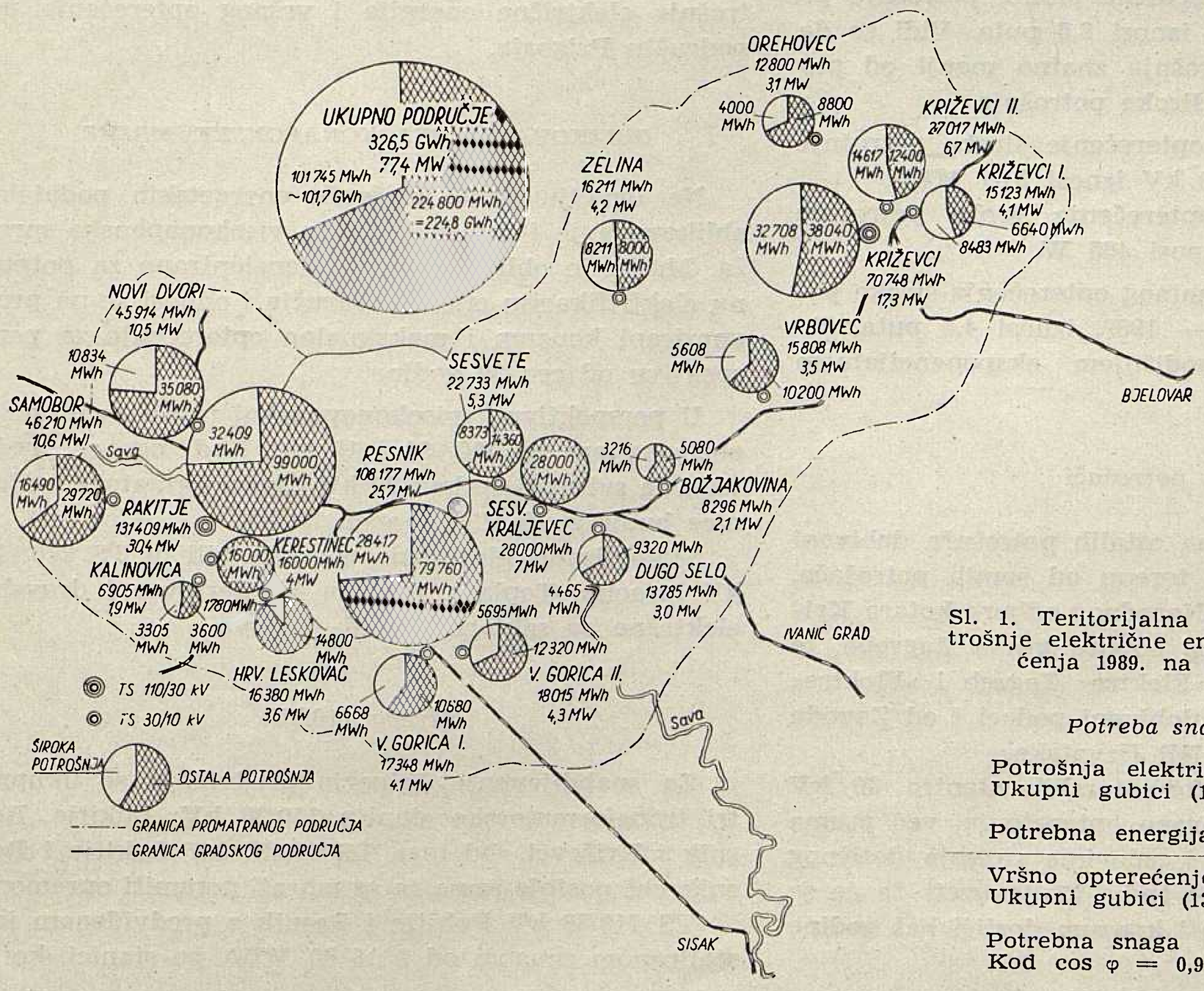
U ovom slučaju primijenjen je izraz

$$k_n = 0{,}2 + \frac{0{,}8}{n}$$

gdje je k_n faktor koji označuje udio u maksimalnom opterećenju n potrošača.

Specifična široka potrošnja električne energije svedena na kućanstvo je slijedeća:

Seosko stanovništvo	960 kWh/god
Veća mjesta I grupa	2.550 kWh/god
Veća mjesta II grupa	3.110 kWh/god



Sl. 1. Teritorijalna raspodjela ukupne potrošnje električne energije i vršnog opterećenja 1989. na području Prigorja

Potreba snage i energije

Potrošnja električne energije	327 GWh
Ukupni gubici (10 %)	36 GWh
Potrebna energija	363 GWh
Vršno opterećenje	77 MW
Ukupni gubici (13 %)	12 MW
Potrebna snaga	89 MW
Kod cos $\varphi = 0{,}9$	99 MVA

Ta potrošnja je jednaka za sve elemente mreže uz zanemarenje gubitaka.

Porast stanovništva

Kod određivanja perspektivnog konzuma potrebno je utvrditi i perspektivni broj stanovništva.

Porast stanovništva je određen na temelju statističkih podataka o porastu stanovništva za period 1921 — 1953. godine, kao i urbanističkih planova za pojedina veća mjesta.

Iz analize porasta stanovništva slijedi da bi promatrano područje godine 1989. imalo ukupno 265.000 stanovnika i 68.270 kućanstava. Prosječno bi dolazilo 3,9 stanovnika po kućanstvu. Na seosko stanovništvo otpalo bi 202.600 stanovnika i 48.670 kućanstava, a na veća mjesta 62.400 stanovnika i 19.600 kućanstava. Na seosko stanovništvo dolazilo bi prosječno 4,2 stanovnika po kućanstvu, a na veća mjesta 3,2 stanovnika po kućanstvu.

Ukupno povećanje stanovništva iznosi 18 %, a kućanstava 21 %, te se odnosi uglavnom na povećanje stanovništva u većim mjestima.

Ukupni konzum i maksimalno opterećenje široke potrošnje

Ukupni konzum široke potrošnje iznosio bi 1989. godine 101.700 MWh. Na seosko stanovništvo dolazi 46.700 MWh, a na veća mjesta 55.000 MWh. Srednja specifična široka potrošnja po kućanstvu iznosila bi 1.490 kWh.

Ukupni porast konzuma široke potrošnje za promatrani period iznosi 5,3 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 5,7 %. Ukupni porast specifične široke potrošnje po kućanstvu za isti period iznosi 2,6 puta. Vidi se da je porast specifične potrošnje znatno manji od porasta ukupnog konzuma široke potrošnje.

Ukupno maksimalno opterećenje široke potrošnje 1989. na nivou TS 110/30 kV iznosi 31,7 MW.

Srednje specifično opterećenje široke potrošnje svedeno na kućanstvo iznosi 465 W.

Ukupni porast maksimalnog opterećenja široke potrošnje u periodu 1959 — 1989. iznosi 4,6 puta, što odgovara prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 5,2 %.

Ostali potrošači

Podaci o opterećenjima ostalih potrošača dobiveni su najvećim dijelom na terenu od samih potrošača, narodnih odbora općina, Narodnog odbora kotara Križevci, zatim od Narodnog odbora grada Zagreba, te distributivnih poduzeća »Elektre« Zagreb i »Elektre« Bjelovar. Djelomično su dobiveni podaci i od Zavoda za privredno planiranje NR Hrvatske.

Kod pojedinih transformatorskih stanica 30 kV predviđeno je i nedefinirano opterećenje, već prema predviđenoj mogućnosti i uslovima razvoja dotičnog područja. Prema tome ne treba kruto uzeti da će se perspektivno opterećenje i konzum dostići baš godine 1989.

Od važnijih potrošača ove grupe može se spomenuti: Pogon tvornice »Rade Končar« Sesvetski Kraljevec, Tvornica olovnih proizvoda Kerestinec i »Jugokeramika« Zaprešić.

Ukupna potrošnja električne energije ostalih potrošača čitavog područja iznosi 224.800 MWh. Ukupni porast potrošnje električne energije ostalih potrošača za period 1959 — 1989. iznosi 15,35 puta, čemu odgovara prosječni godišnji eksponencijalni prirast od 9,5 %.

Ukupno maksimalno opterećenje ostalih potrošača iznosilo bi 56,2 MW. Ukupni porast maksimalnog opterećenja ostalih potrošača za isti period iznosi 17,56 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 10,0 %. Udio maksimalnog opterećenja ostalih potrošača u ukupnom maksimalnom opterećenju iznosi 45,7 MW.

Energetska rekapitulacija

Ukupna potrošnja električne energije promatranog područja iznosila bi 326 500 MWh.

Ukupni porast konzuma od 1959. do 1989. na području Prigorja iznosi 9,6 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 7,8 %.

Ukupno maksimalno opterećenje Prigorja iznosilo bi 77,4 MW. Ukupni porast maksimalnog opterećenja za isti period iznosi 8,9 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 7,6 %.

Ako se uzmu u obzir i ukupni gubici električne energije i snage, za promatrano područje potrebna je električna energija od 363 GWh i električna snaga od 89 MW.

Na sl. 1 prikazana je teritorijalna raspodjela potrošnje električne energije i vršnog opterećenja na području Prigorja.

OBLIKOVANJE VISOKONAPONSKE MREŽE

Na temelju prije izloženih energetskih podataka oblikovana je i dimenzionirana visokonaponska mreža. Mreža je oblikovana i dimenzionirana za potpunu elektrifikaciju cijelog područja i odnosi se na prognozirani konzum i maksimalno opterećenje za perspektivu od cca 30 godina.

U perspektivnoj visokonaponskoj mreži uzeti su u obzir naponi od 110, 30 i 10 kV. Kod toga se predviđa da svi novi vodovi 30 kV i transformatorske stanice budu građeni za napon 35 kV.

Stalni izvori električne energije bili bi TS 220/110 kV Mraclin, Toplana Zagreb, TE Jertovec i dravske elektrane na sektoru Ormož—Botovo.

Mreža 110 kV

Za snabdijevanje Prigorja predviđaju se ukupno tri transformatorske stanice 110/30 kV: Rakitje, Resnik i Križevci. Od toga TS 110/30 kV Rakitje i Resnik već postoje samo će se morati popuniti opremom.

TS 110/30 kV Rakitje i Resnik s predviđenom instaliranom snagom od 2 × 60 MVA po stanici, kori-

stit će samo djelomično svoju snagu za snabdijevanje Prigorja (Rakitje 39 MVA, Resnik 33 MVA), dok će preostali veći dio snage davati u zagrebačku mrežu. TS 110/30 kV Križevci predviđa se s dva trofazna regulaciona transformatora 110/31,5 kV ± 15 % po 20 MVA.

Od vodova 110 kV predviđa se izgradnja voda TS 220/110 kV Mraclin — Rakov Potok 2 × 3 × 240 mm² Alče duljine 29 km, Bjelovar — Križevci 3 × 150 mm² Alče duljine 28 km i HE Đelekovec — Križevci 3 × 240 mm² Alče duljine 36 km.

Također se predviđa demontaža voda 110 kV Rakitje — Klara, te dijela voda Klara — Resnik do odvojka za Toplanu Zagreb.

Mreža 30 kV

Ukupno se predviđa 14 distributivnih transformatorskih stanica 30/10 kV i 2 industrijske stanice (Kerestinec i Sesvetski Kraljevec). Njihove instalirane snage su slijedeće:

Novi Dvori	2×8 MVA	Sesv. Kraljevac	2×6,3 MVA
Samobor	2×8 MVA	Dugo Selo	2×2,5 MVA
Kerestinec	2×4 MVA	Božjakovina	2×2,5 MVA
Kalinovica	2×2,5 MVA	Zelina	2×4 MVA
Hrvat. Leskovac	2×4 MVA	Vrbovec	2×4 MVA
Vel. Gorica I	2×4 MVA	Križevci I	2×4 MVA
Vel. Gorica II	2×4 MVA	Križevci II	2×8 MVA
Sesvete	2×4 MVA	Orehovec	2×2,5 MVA

Ukupna instalirana snaga tih stanica iznosi 144,6 MVA.

Nove transformatorske stanice 30/10 kV su slijedeće: Kerestinec, Hrvatski Leskovac, Velika Gorica II, Sesvete (nova), Sesvetski Kraljevec, Dugo Selo, Vrbovec, Križevci II i Orehovec. Stanice se predviđaju s jednostrukim sabirnicama 30 i 10 kV.

Kod oblikovanja mreže 30 kV nastojalo se da mreža 30 kV ima oblik prstena, odnosno da se svaka stanica 30 kV može napajati s dvije strane. Međutim, u normalnom pogonu mreže 30 kV radit će radijalno.

Na sl. 2 dana je situacija perspektivne visokonaponske mreže 110 i 30 kV na području Prigorja.

Ukupna duljina vodova 30 kV iznosi 182 km; od toga je 3 km kabela (veza između TS 30/10 kV Križevci I i Križevci II).

Predviđeni presjeci vodiča novih nadzemnih vodova 30 kV su: 150 mm², 120 mm², 95 mm² i 70 mm² Alče. Za kabelski vod TS 30 Križevci I — TS 30 Križevci II predviđen je kabel NHEKBA 3 × 95 mm².

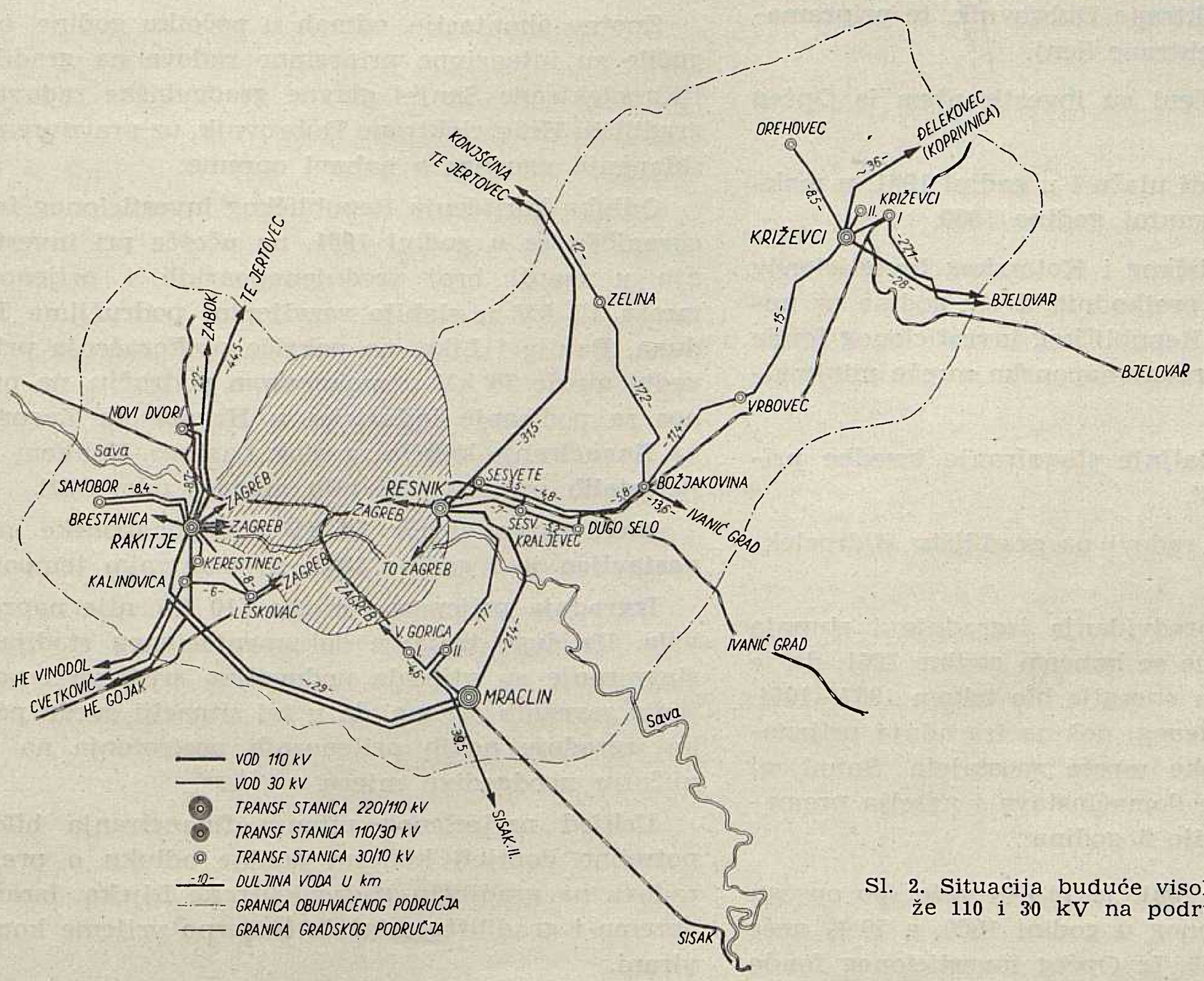
Mreža 10 kV

Kod oblikovanja mreže 10 kV pazilo se na to da se omogući etapna izgradnja mreže. Kod toga je uzeta u obzir, koliko je to bilo moguće, sadašnja mreža 10 kV. Vodovi 10 kV predviđeni su kao radijalni vodovi.

Međutim strujni krugovi su često tako oblikovani da električna energija može doći i s druge strane.

Ukupno je predviđeno 925 km nadzemnih distributivnih vodova 10 kV. Svi novi nadzemni vodovi 10 kV predviđeni su s vodičima od alučela presjeka 25, 35, 50 i 70 mm².

Ukupno se predviđaju 643 distributivne transformatorske stanice 10/0,4 kV, s ukupno instaliranom snagom od cca 116.000 kVA. Transformatorske stanice 10/0,4 kV predviđaju se u pravilu u obliku tornjića



Sl. 2. Situacija buduće visokonaponske mreže 110 i 30 kV na području Prigorja

za smještaj transformatora do 160 kVA, odnosno 250 kVA, a za veće industrijske objekte, odnosno za gradske stanice predviđaju se stanice kabelskog tipa.

APROKSIMATIVNI TROŠKOVI ZA VISOKONAPONSKU MREŽU

Aproksimativni troškovi za visokonaponsku mrežu Prigorja za nove objekte visokonaponske mreže bez troškova za industrijske stanice, jesu slijedeći:

Mreža		1000 Din	%
110 kV		1 149 050	24,3
30 kV		1 171 790	24,7
10 kV		2 418 100	51,0
	Ukupno	4 738 940	100,0

Literatura

I. Janić, *Osnovno rješenje elektrifikacije Prigorja, I i II dio,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

Naslov pisca: Ing. Ivan Janić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

OSOBINE INVESTIRANJA U ELEKTROPRIVREDU U GODINI 1961.

Radoslav Planić i Željko Vodopija, Zagreb

Ukupna ulaganja u elektroprivredu u Hrvatskoj iznosila su u 1961. gotovo 29 milijardi dinara, što predstavlja vrhunac ulaganja. U pogon je puštena HE Split i vod 220 kV za prijenos energije u zapadno jugoslavensko potrošno područje. Izgrađeno je, pored toga, 73 km vodova i 2 stanice 110 kV, 193 km srednjenaponske mreže i 21 stanica, te preko 3300 km i 507 stanica 10 kV i niskonaponske mreže. Aktivirane su investicije od gotovo 34 milijarde dinara. Izgradnja 110 kV i srednjenaponske mreže je i nadalje zaostajala.

DK 621.311.1 : 658.1

Investiranje u elektroenergetska postrojenja na području Hrvatske ima u 1961. slijedeće karakteristike:

1. Puštanje u pogon HE Split i prijenosnog voda 220 kV do zapadnog jugoslavenskog potrošnog područja.

2. Završni stadij radova na gradilištima Hidroelektrane Split, Toplane Zagreb, na prijenosu i transformaciji 220 kV, kao i pristupanje glavnim radovima na gradilištu Hidroelektrane Dubrovnik, te pripremanje gradilišta Hidroelektrane Senj.

3. Ovi efekti polučeni su investiranjem iz Općeg investicionog fonda.

4. Izravni interesenti ulažu i u godini 1961. u maksimalnoj visini, postignutoj godine 1960.

5. Ulaganja Republičkog i Kotarskog investicionog fonda ostaju u visini prethodnih dviju godina uz napomenu, da je učešće Republičkog investicionog fonda za neka postrojenja srednjenaponske mreže minimalno u godini 1961.

6. Konstatira se daljnje stagniranje izvedbe prijenosne mreže 110 kV.

7. Obustavljeni su radovi na gradilištu Hidroelektrane Rijeka.

8. U odnosu na predviđanja izgradnje i stupnja elektrifikacije pokazuje se koncem godine 1961, da je opseg izgradnje izvora energije bio tokom 1957—1961. bitno veći od predviđenog, dok je izgradnja prijenosne i srednjenaponske mreže zaostajala. Snimljeni stupanj elektrifikacije domaćinstava i naselja premašio je predviđanja prije 5 godina.

Ulaganje u godini 1961. je 14,4 % veće (po opsegu i po sredstvima) od onog u godini 1960, a 70 % veće od onog u godini 1959. Iz Općeg investicionog fonda bilo je uloženo 20,2 milijarda dinara, što predstavlja najveće ulaganje opće društvenih sredstava u elektroenergetska postrojenja na području Hrvatske.

Ovi efekti izgradnje u znatnoj mjeri skraćuju rokove, predviđene projektima Saveznog zavoda za privredno planiranje i ugovorima s bankom.

Na taj način omogućeno je 10-godišnje nastojanje oko skore izmjene zimske i ljetne hidroenergije dopunjujućih jugoslavenskih zapadnih slivova.

Znatne akontacije, odmah u početku godine, omogućile su intenzivne pripremne radove na gradilištu Hidroelektrane Senj i glavne građevinske radove na gradilištu Hidroelektrane Dubrovnik, uz pravovremeno sklapanje ugovora o nabavi opreme.

Odluka korišćenja Republičkog investicionog fonda ograničila se u godini 1961. na učešće pri investiranju u manji broj srednjenaponskih i prijenosnih mreža 10 kV u slabije razvijenim područjima Korduna, Banije i Like, na pokriće prekoračenja pri izvedbi mreže 30 kV u makarskom području, na prijenos za podizanje industrije u Hrvatskom Zagorju i na financiranje kabela za otok Lastovo. Velikom broju ostalih potreba nije bilo moguće udovoljiti.

Nagli razvoj mreže 10 kV i niskonaponske mreže nastavljen je i godine 1961. nesmanjenim tempom.

Izgradnja prijenosne mreže 110 kV nije napredovala. Uz dugo trajanje dokumentacionog stadija, na stagniranje su utjecala nedovoljna sredstva i nastojanja saveznih organa, da u toj situaciji svedu početke izgradnje novih prijenosnih postrojenja na najnužniju neodgodivu mjeru.

Uslijed neriješenog pitanja financiranja bilo je potrebno donijeti koncem godine odluku o prekidu radova na gradilištu Hidroelektrane Rijeka. Izrađena oprema i gradilište ostat će izvjesno vrijeme konzervirani.

Bilanca utrošaka u 1961. godini
u milijardama dinara

Vrste postrojenja		*Izvori*	
Hidroelektrane	14,2	Opći investicioni fond	20,2
Termoelektrane	2,2		
Vodovi i stanice 220 kV	3,5		
Vodovi i stanice 110 kV	0,9	Republički investicioni fond	0,3
Vodovi i stanice 30—35 kV	1,8	Kotarski investicioni fondovi	1,2
Vodovi i stanice 10 kV	3,6	Elektroprivreda, industrija, samodoprinos i lokalni fondovi	7,2
Niskonaponska mreža	2,7		
	28,9		28,9

Opseg investiranja je kulminacioni. On predstavlja 15,7 % od ukupne novonabavne vrijednosti elektroenergetskih postrojenja, namijenjenih potrošnji u Hrvatskoj koncem godine 1961. Drugim riječima, izgradnja u ovom opsegu omogućila bi, da se postojeća postrojenja u Hrvatskoj izgrade u roku od šest i pol godina.

Početkom godine 1959. bila su predviđena ulaganja za razdoblje 1959—1964. Ulaganja su se predviđala sa 21—27 milijarda dinara godišnje s tim, da je najintenzivnija izgradnja bila predviđena u godini 1961. u visini od 27,2 milijarde dinara, a nakon toga bi trebalo nastupiti postepeno opadanje na granicu od godišnjih 20 milijarda dinara.

Usporedba predviđanja i investiranja u 1961. godini
u milijardama dinara

Predviđanje od IV 1959.		*Ostvarenje u godini 1961.*
9,6	Hidroelektrane	14,2
2,4	Termoelektrane	2,2
4,7	DV i TS 220—110 kV	4,4
3,0	DV i TS 35 kV	1,8
7,5	DV i TS 10 kV i mreža 0,4 kV	6,3
27,2		28,9

Ostvarenje je ostalo na redu veličine predviđanja, uz 50 % veće investiranje u hidroelektrane, i uz podbacivanje izvedbe srednjenaponske mreže. Ono što je izgrađeno u godini 1961. za široku elektrifikaciju, ipak ne odgovara prognozama, koje su u tom pogledu dane prije tri godine.

Veličina i broj postrojenja, koja su stavljena u pogon 1961, su slijedeći:

Hidroelektrana Split	216	MW
Jedan vod 220 kV, u dužini	354	km
Jedan vod i jedna dionica 110 kV u dužini	72,8	km
Dvije transformatorske stanice 110 kV	40	MVA
(Jedna provizorna TS 110 kV	10	MVA)
Četrnaest vodova 30—35 kV u dužini	193	km
Dvadesetijedna stanica 30—35 kV	55,7	MVA
Vodova 10 kV	1.232	km
Stanica 10 kV	507	
Vodova 0,4 kV	2.071	
Novopriključenih naselja	431	
Novih potrošača (malopotrošnja) oko	60.000	

Nadalje su tokom godine 1961. poduzeća iskazala 292 km mreže 10 kV, 56 stanica 10 kV, i 2.808 km niskonaponske mreže uključivši kućne priključke što su ih u prijašnjim godinama izgradili izravni interesenti. Distributivna poduzeća nisu svojedobno evidentirala da je ta mreža stavljena u pogon.

Aktivirane investicije iznose 33,7 milijarda dinara, odnosno gotovo 5 milijarda dinara više od investiranih u godini 1961.

Promatrajući današnju strukturu ukupnih investicija u postrojenja za potrošno područje Hrvatske, treba napomenuti slijedeće:

Izvori iznose 48,8 %, s protutežom u distributivnoj mreži, čija novonabavna vrijednost iznosi gotovo 40 % od ukupnog. Prijenosna mreža se popela na 11,4 %. Na temelju iskustava praćenja strukture kod nas i u svijetu tokom nekoliko zadnjih godina može se zaključiti, da su iskazani procentualni odnosi između izvora, prijenosa i distribucije postigli stalnost, i da će u dalnjem usporednom jačanju elektroenergetske mreže u pogledu vrijednosti ostajati isti, uz neznatna odstupanja.

Godina 1961. služi, da se usporede predviđanja petogodišnjeg razvoja sa stvarno postignutim rezultatima. Ova usporedba pokazuje — investiciono i po opsegu — 22 %-tni premašaj predviđanja, na koji utječu:

puštanje u pogon Hidroelektrane Split i prijenosa 220 kV, 1 do 1,5 godine prije predviđanja;

početak izgradnje Hidroelektrane Senj i puni razvoj gradilišta Hidroelektrane Dubrovnik, što nije bilo predviđeno prije 5 godina unutar proteklog razdoblja;

2 do 5 % jači razvoj široke elektrifikacije, od predviđanja.

S druge strane zaostalo je jačanje mreže prijenosa energije u istočnu Slavoniju i izgradnja mreže 110 kV, vezane na stanicu 220 kV Mraclin, iako je bilo predviđeno prije 5 godina da bude izgrađena do danas.

Nadalje zaostaje izvedba srednjenaponskog prijenosa na Lošinj, Rab, u Opuzen, jačanje mreže u Moslavini, priključak Voćina i srednjenaponske mreže u Pokuplju, čija izgradnja je bila planom predviđena a nije ostvarena do konca godine 1961.

U postrojenjima, koja ostaju u izgradnji i studiju koncem godine 1961. zadržavaju se još neaktivirane investicije od 20,4 milijarde dinara. Ova brojka je bitno niža od one koncem godine 1960, što je pozitivno. Pretežan dio sredstava odnosi se na Toplanu Zagreb, gradilišta Senj i Dubrovnik te na stanicu 220 kV Mraclin.

Naslov pisaca: Ing. Radoslav Planić i dipl. ec. Željko Vodopija, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

DANAŠNJE STANJE I MODERNE TENDENCIJE U GRADNJI PANTOGRAFSKIH RASTAVLJAČA

K. Begović, Zagreb

Autor iznosi i tumači glavne tipove pantografskih rastavljača za napone 110 do 220 kV. Govori se o konstrukciji pantografskih, semipantografskih i specijalnih rastavljača uz naznaku firme, koja proizvodi kakav tip. Na kraju autor daje analizu postojećih konstrukcija. Članak je interesantan naročito s gledišta projektanata i pogona postrojenja visokog napona.

DK 621.316.5

UVOD

Rastavljač je jedan od najvažnijih elemenata rasklopnog postrojenja, a njegova primjena višestruka, te je razumljivo da se je tehnici rastavljača uvijek posvećivala naročita pažnja. Izgradnjom sve većih elektrana i rasklopnih postrojenja zahtjevi na konstrukciju rastavljača postajali su sve kompliciraniji i sve teži. Ti zahtjevi su se razvijali u dva smjera: tražili su se rastavljači za sve više i više napone, ali i za sve veće i veće struje. To je dovelo do niza vrlo različitih konstrukcija, koje su u većoj ili manjoj mjeri zadovoljavale postavljenim zahtjevima.

Konstrukciona rješenja rastavljača za visoke i vrlo visoke napone dovodila su do izvedbi rastavljača čije su dimenzije postajale sve veće i veće, ovisno o naponu, te je nastao problem kako te dimenzije smanjiti. Do ovog zahtjeva došlo je zato da bi se što više smanjile dimenzije rasklopnih postrojenja, koja su počela zauzimati velike površine. Ove pak imaju dakako za posljedicu teškoće kod izbora lokacije, izbora dispozicije, duge kabelske i ostale kanale, zamašnije građevinske radove itd.

Iz razloga koji su navedeni, konstrukteri su bili prisiljeni da se pozabave zadatkom: kako konstruirati rastavljač za visoke napone, a da njegove dimenzije budu što manje, uvažujući dakako potrebne minimalne naponske razmake. Tako je došlo do konstrukcija pantografskih rastavljača.

IZVEDBE DANAŠNJIH PANTOGRAFSKIH RASTAVLJAČA

Današnje izvedbe pantografskih rastavljača mogu se podijeliti u nekoliko grupa. To su:

1. rastavljači »pantograf«;
2. rastavljači »semipantograf« ili »polupantograf«;
3. rastavljači specijalne konstrukcije u grupi pantografskih rastavljača.

Svi ovi tipovi izvode se uglavnom za napone 110, 150 i 220 kV i to za punu i smanjenu izolaciju. Prema tomu su konstruirani za ove ispitne napone (tab. 1), prema propisima VDE 0111/8.53 i IEC, publikacija 71/1954.

U daljnjem ćemo se osvrnuti na rastavljače uglavnom sa stanovišta projektanta postrojenja ne ulazeći u konstrukterske probleme koji su tvorničke prirode.

1. Grupa »pravih« pantografskih rastavljača

U razvojnom putu konstrukcije rastavljača sistema pantograf, najprije su nastali rastavljači s dvostrukim »škarama« koje su učvršćene zglobno u dva nezavisna ležaja. Kod otvaranja rastavljača ručice (»škare«) rastavljača spuštaju se svaka na svoju stranu, srednji pomični zglob pri tome pravi kružni luk, te dolazi u krajnji položaj desno i lijevo od simetrale rastavljača. Pomični kontakti rastavljača putuju prema dolje i u otvorenom položaju dolaze u blizinu simetrale. Kod zatvaranja rastavljača ručice putuju prema gore dok se pomični krajnji dio, koji treba da zahvati gornji nepomični kontakt, ne zaustavi u određenom gornjem položaju koji je određen položajem nepomičnog kontakta. Gornji nepomični kontakt je zavješen na uže ili cijev te je uvijek u istom položaju s obzirom na os. Točnije rečeno na njegov položaj utječe jedino provjes užeta na koji je učvršćen, pa se kreće u vertikalnom smjeru prema gore i dolje u granicama koje su ovisne o rasponu, dimenzijama užeta, temperaturama i specifičnom naprezanju užeta.

Ovakove rastavljače proizvode danas tvornice

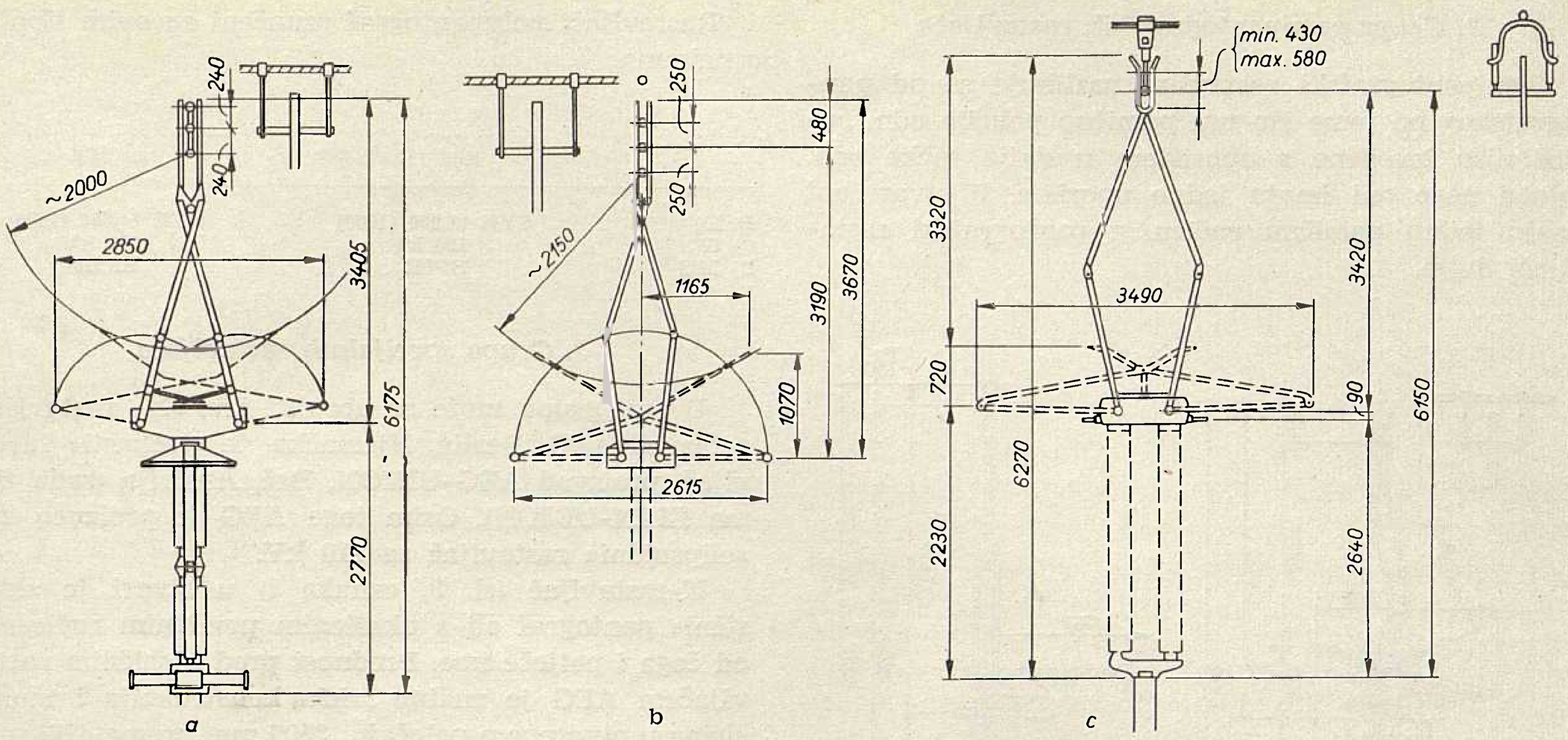
a) Siemens-Schuckert (SSW), Erlangen (Njemačka);
b) Brown Boveri (BBC), Baden (Švicarska) i Mannheim (Njemačka);
c) Scarpa & Magnano (S&M), Savona, Italija;
d) Elin Union (EU), Wien, Austrija;
e) Allgemeine Elektrizitäts—Gesellschaft (AEG), Berlin, Njemačka.

Radi ilustracije izvedbe ovih rastavljača, prikazane su njihove skice u sl. 1 i to za red 220. Oni su po konstrukciji vrlo slični, a izvedbe za red 110 i 220 kV razlikuju se samo po dimenzijama ručica i izolatora. »Škare« ili ručice rastavljača leže na posebno konstruiranoj »glavi« u kojoj se nalazi mehanizam za prijenos gibanja. Rastavljači su naime izvedeni obično iz dva izolatorska stupa (koji mogu biti raznih tipova izolatora) od kojih je jedan fiksan a drugi pomičan. Pogon rastavljača, koji može biti pneumatski, motorski ili oleopneumatski, okreće pokretni izolator i ovo se kružno gibanje prenosi na mehanizam u »glavi« rastavljača, koji podiže ili spušta kontaktne ručice ili »škare«.

Uporedimo li vanjski izgled rastavljača iz sl. 1, vidimo, da usprkos konstruktivnoj sličnosti ipak postoje izvjesne razlike u izvedbi. Osnovna razlika je u različito položenim srednjim zglobovima ručica, što ima za posljedicu manju širinu rastavljača u otvorenom položaju i to kod rastavljača reda 220

a) SSW — 2850 mm;
b) BBC — 2615 mm;
c) S&M — 3490 mm;
d) EU — 3880 mm;
e) AEG — 4260 mm.

S gledišta potrebnog prostora u postrojenju, osobito kod izvedbi s miješanim fazama, prednost imaju rastavljači što manje širine.



Sl. 1. Rastavljači pantograf reda 220
a — Siemens & Schuckert; *b* — Brown Boveri; *c* — Scarpa Magnano

Krutost i čvrst položaj ručica u zatvorenom stanju postizava se pomičnim mehanizmom koji sadrži sistem pera (tlačnih i vlačnih); u konstrukcionom pogledu ta su rješenja različita ali uglavnom slična u principu.

Dozvoljeni hod gornjeg fiksnog kontakta kreće se uglavnom u istim granicama: *od 430 do 580 mm*. Ovaj hod je kod nekih konstrukcija isti za postrojenja 110 i 220 kV (npr. S&M, BBC), a kod nekih je manji za red 110 (npr. SSW kod 110 kV rastavljača ima dozvoljeni hod 250 mm, a kod 220 kV hod 440 mm). Sigurno je da je povoljnije što je taj hod veći, jer se time može izaći s većim rasponima u postrojenju, što je osobito važno ako se fiksni kontakti nalaze na sabirnicama.

U principu je kod svih izvedbi (a, b, c, d, e) moguće vođenje užeta odn. spojnih vodova s bilo koje strane na donjem dijelu ručica (sl. 1c) odmah iznad izolatora, a gornji kontakt se da podesiti tako da gornje uže (ili sabirnica) ima smjer paralelan ili okomit s donjim užetom, već prema dispozicionom rješenju rasklopnog postrojenja.

Navedeni »normalni« ili »pravi« pantografski rastavljači označeni su kod gore spomenutih proizvođača ovim tipnim oznakama:

	Red 110	Red 220
a) SSW	H 270—110 III 600 Dt	H 273—220 E III 1000 Dt
b) BBC	TF 123 ne	TF 245
c) S&M	PA-120	PA-220
d) EU	110/600 E Sch	220/600 E Sch
e) AEG		CTSF-86-220/1600-60

Proizvode se za struje od 600—1000 A i to normalno za 110 kV 600 i 800 A, a za 220 kV 1000 A.

Ispitni naponi za napon reda 110 i 220 — Tablica 1

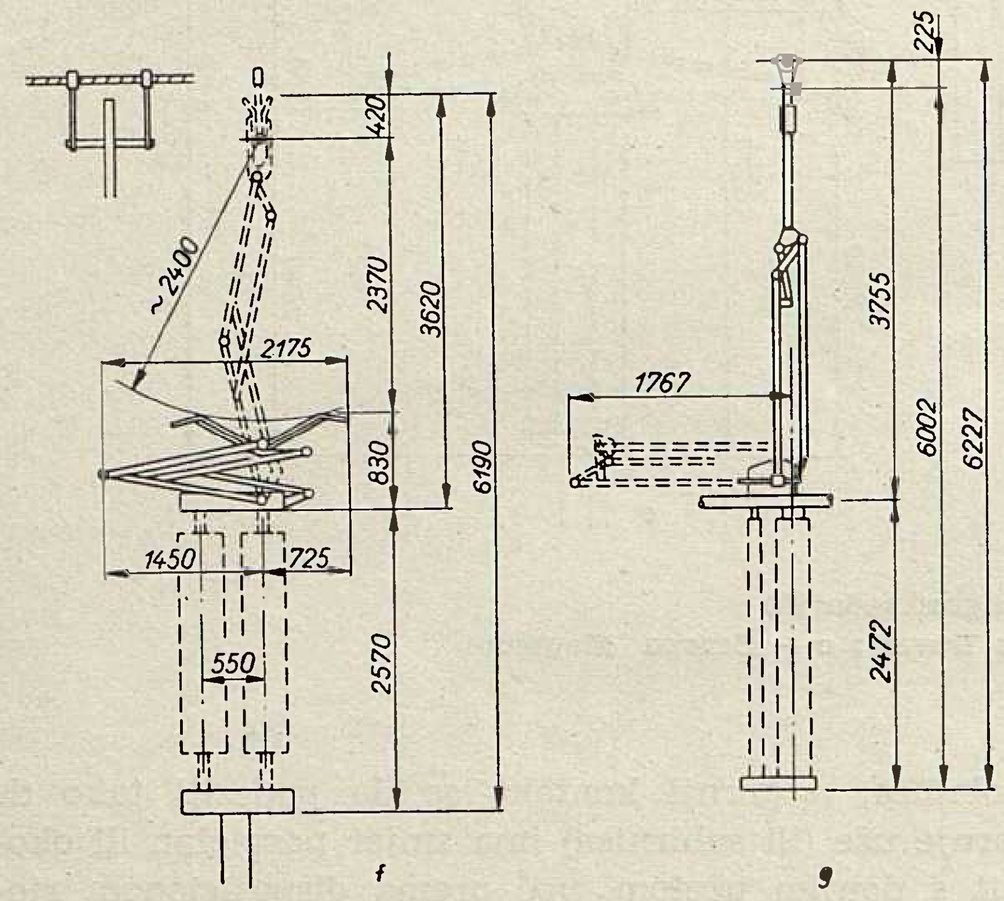
Naponski red	Najviši dozvoljeni pogonski napon		Normalna izolacija				Smanjena izolacija			
			Ispitni izmjenični napon kod 50 Hz		Udarni napon s punim valom 1/50		Ispitni izmjenični napon kod 50 Hz		Udarni napon s punim valom 1/50	
kV	VDE	IEC	VDE	IEC	VDE	IEC	VDE	IEC	VDE	IEC
110	125	123	262	230	505	550	210	185	430	450
220	250	245	505	460	910	1050	405	395	780	900

Tablica 1a

Stupanj izolacije	Najviši pogonski napon mreže	Jednominutni podnosivi napon industrijske frekvencije		Podnosivi udarni napon punog vala 1,2/50 pozitivnog i negativnog polariteta	
		Puni stupanj izolacije	Smanjeni stupanj izolacije	Puni stupanj izolacije	Smanjeni stupanj izolacije
	kV	kV	kV	kV	kV
Si 123	123	230	—	550	—
Si 245	245	460	—	1050	—

2. *Grupa semipantografskih rastavljača*

Semipantografski rastavljač razlikuje se od pantografskog po tome što mu pomično polužje odn. ručice nisu izvedene s uporištem u dvije tačke odn. zgloba nego oni imaju jedno uporište. U stvari oni imaju jednu pomičnu ručicu, a pantografski rastavljači dvije.



Sl. 2. Rastavljači pantograf reda 220
f – Delle *g* – Galileo

Prednost je ovih rastavljača prema pravim pantografima, da u otvorenom položaju zauzimaju manji prostor, što ima za posljedicu uštedu na tlocrtnoj površini rasklopnog postrojenja.

Ove rastavljače proizvode danas tvornice

f) Delle (D), Villeaurbaume, Francuska;
g) Galileo (G), Padova, Italija;
h) Merlin Gerin (MG), Grenoble, Francuska.

Radi ilustracije izvedbe, prikazane su u sl. 2 skice rastavljača g) i f) i to za red 220. Izvedbe reda 110 posve su identične samo su dimenzije manje.

Pogon može biti, kao i kod običnih pantografa, pneumatski i motorni. Za ilustraciju dimenzija u otvorenom položaju dajemo ovu usporedbu (za red 220):

Proizvođač	Širina rastavljača u otvorenom položaju	
	Rastavljač pantograf	Rastavljač polupantograf
a) SSW (220)	2850 mm	—
c) S&M (220)	3490 mm	—
f) D (220)	—	2175 mm
g) G (220)	—	1767 mm

Dozvoljeni hod gornjeg fiksnog kontakta kreće se u sličnim granicama kao kod pravih pantografskih rastavljača, a vođenje užeta moguće je s gornje i donje strane u oba smjera tj. paralelno i okomito. Izvedbe gornjeg kontakta mogu biti različite već prema tome da li se radi o sabirnicama odn. spojnim vodičima iz jednog ili dva užeta odn. iz cijevi.

Rastavljači polupantograf označeni su ovim tipnim oznakama:

	Red 110	Red 220
f) D	SYE 11,800 (1000)	SYE 14,800 (1000)
g) G	120 kV	220 kV
h) MG	SP8R	SP9R

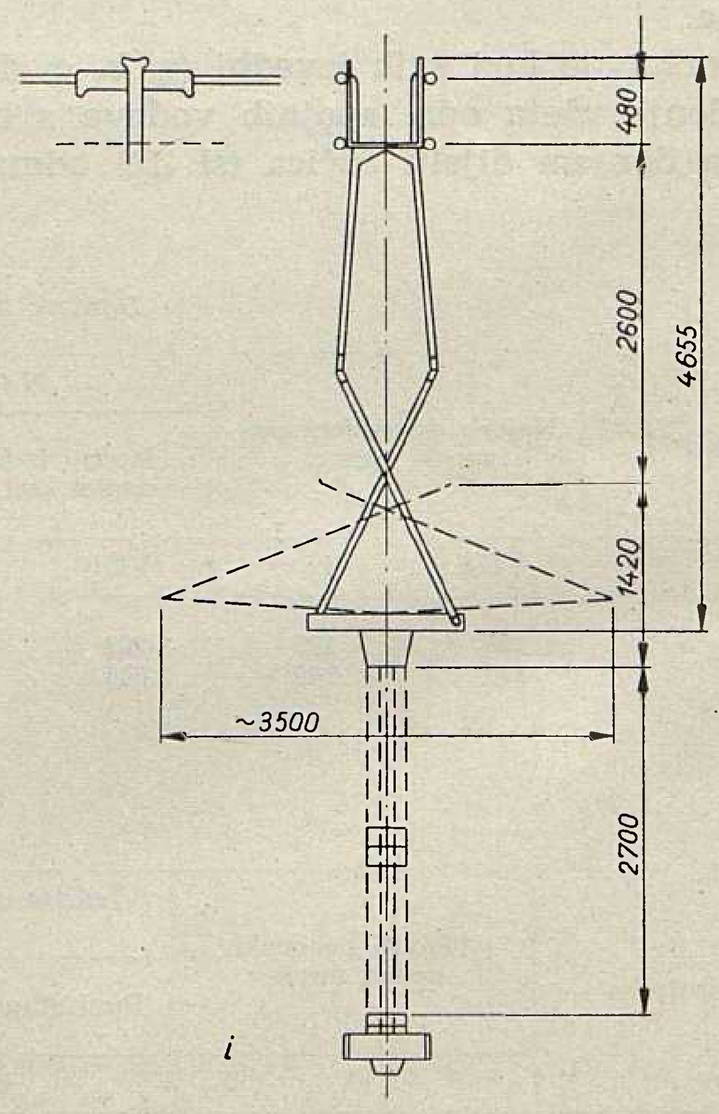
3. *Grupa specijalnih rastavljača*

U ovu grupu može se ubrojiti tzv. »X« rastavljač, proizvod AEG, Berlin, Njemačka, te »točkasti« rastavljač, proizvod AEG-UNION, Beč, Austrija (sada firma ELIN-UNION). Osim toga AEG je proizveo tzv. »elipsoidni« rastavljač za 110 kV.

X-rastavljač (sl. 3, oznaka *i*) u stvari je »klasični« pantograf ali s ukrštenim pomičnim ručicama, od čega i potječe ime. Prednost pred klasičnim rastavljačem AEG je znatno lakša konstrukcija i manja širina u otvorenom položaju: 3500 mm prema 4260 mm. Konstrukcija se odlikuje solidnošću ali u pogledu dimenzija nema prednosti pred rastavljačima »pantograf« normalne izvedbe drugih proizvođača.

»Elipsoidni« (ozn. *k*) rastavljač po konstrukciji je vrlo sličan rastavljaču semipantograf što ga proizvodi Galileo pod nazivom »sezionatore unipolare a ginocchio« (vidi rast. pod oznakom *g* u sl. 2). Od njega se razlikuje samo po tome što mu je pomična ručica bez zgloba, tj. iz krutog štapa, dok rastavljač Galileo ima zglob. Svakako da on u otvorenom položaju zahtijeva više prostora od semipantografa Galileo, što mu je dakako mana.

»Točkasti« rastavljač (sl. 4, ozn *j*) ekstremni je slučaj rastavljača pantograf, nastao iz težnje da se njegova tlocrtna dimenzija svede na minimum, tj. teoretski u točku (sl. 4). Sastoji se iz pokretnog štapa, koji je smješten u posebnu cijev ispod koje se nalazi



Sl. 3. Rastavljač X 220 kV
i – AEG

pokretni izolator. Pogonski motor kod uklapanja okreće izolator i putem spojke cijev s narezom koja pokreće pokretni štap, koji putuje prema gore i svojim gornjim dijelom stvara kontakt s fiksnim kontaktnim uređajem koji je učvršćen na sabirnicu ili spojno uže. Kod ovog rastavljača moguć je samo motorni pogon.

U električkom pogledu ekvivalentan je svim ostalim tipovima, mehanički je pouzdan, ali zahtijeva relativno veću visinu. Za pogon treba 2 kW, što je relativno mnogo. Inače se gradi za 110 i 220 kV, za 1000 A i ispitne napone po VDE odn. IEC. U pogledu potrebnog prostora sigurno je najpovoljniji.

Ove »specijalne« rastavljače označuju njihovi proizvođači ovim tipnim oznakama:

	Red 110	Red 220
i) AEG	—	X-Trenner
j) AEG-UNION (ELIN-UNION)	ATE 110/1000	ATEm 220/1000
k) AEG	CATF 110/1250	—

ANALIZA POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA I MODERNE TENDENCIJE U GRADNJI

Faktori koji utječu na izbor rastavljača u danim prilikama — sa stanovišta rasklopnih postrojenja i problematike u vezi s projektiranjem i izgradnjom — mogu se rezimirati u slijedećih 11 tačaka:

1. Nominalni napon i nominalna struja (kV,A);
2. Maksimalni pogonski napon (kV);
3. Udarna struja kratkog spoja i struja kratkog spoja kroz 1 sek (kA);
4. Ispitni udarni napon s punim valom 1/50 prema zemlji i između kontakata (kV);
5. Ispitni napon industrijske frekvencije 50 Hz (kV);
6. Sistem pogona i pogonski uređaj;
7. Dozvoljeni hod gornjeg fiksnog kontakta;
8. Vanjske dimenzije rastavljača u otvorenom i zatvorenom položaju;
9. Dozvoljena prelomna sila na vrhu izolatora rastavljača;
10. Težina po polu i tropolne kombinacije;
11. Cijena jednopolne i tropolne kombinacije.

Sl. 4. Točkasti rastavljač 220 kV
j — AEG-Union

U pogledu toč. 1 i 2 vrijedi ono što je rečeno u uvodu. Sve konstrukcije su prilagođene standardnim nominalnim naponima i strujama, te maksimalnim pogonskim naponima. One su s ovog gledišta potpuno ekvivalentne i u skladu sa standardima IEC odn. VDE ili kojim drugim (npr. BSA).

Moderne tendencije kod novih konstrukcija teže za potpunom standardizacijom u što širem području u smislu smanjenja broja tipova.

U pogledu toč. 3 tj. podnosive udarne struje kratkog spoja i struje kratkog spoja kroz 1 sek, gotovo sve konstrukcije podnose udarne struje od 45—62,5 kA kako za red 110 tako i za red 220 kV, što posve zadovoljava normalnim prilikama u visokonaponskoj mreži. Što se tiče struje kratkog spoja kroz 1 sek, sve konstrukcije podnose ove struje u granicama od 26—60 kA, što također zadovoljava.

Porast struja kratkog spoja u visokonaponskim mrežama izazvat će sigurno povećane zahtjeve na podnosive udarne struje kratkog spoja pa u tom smislu treba očekivati tendencije razvoja rastavljača s ovog gledišta.

Što se tiče ispitnih udarnih napona s punim valom 1/50, može se reći da sve konstrukcije dozvoljavaju ispitne napone po tabl. 1, tj. ili propise IEC ili VDE odn. neke druge. Ovo isto vrijedi i u pogledu toč. 5 tj. ispitnih napona industrijske frekvencije.

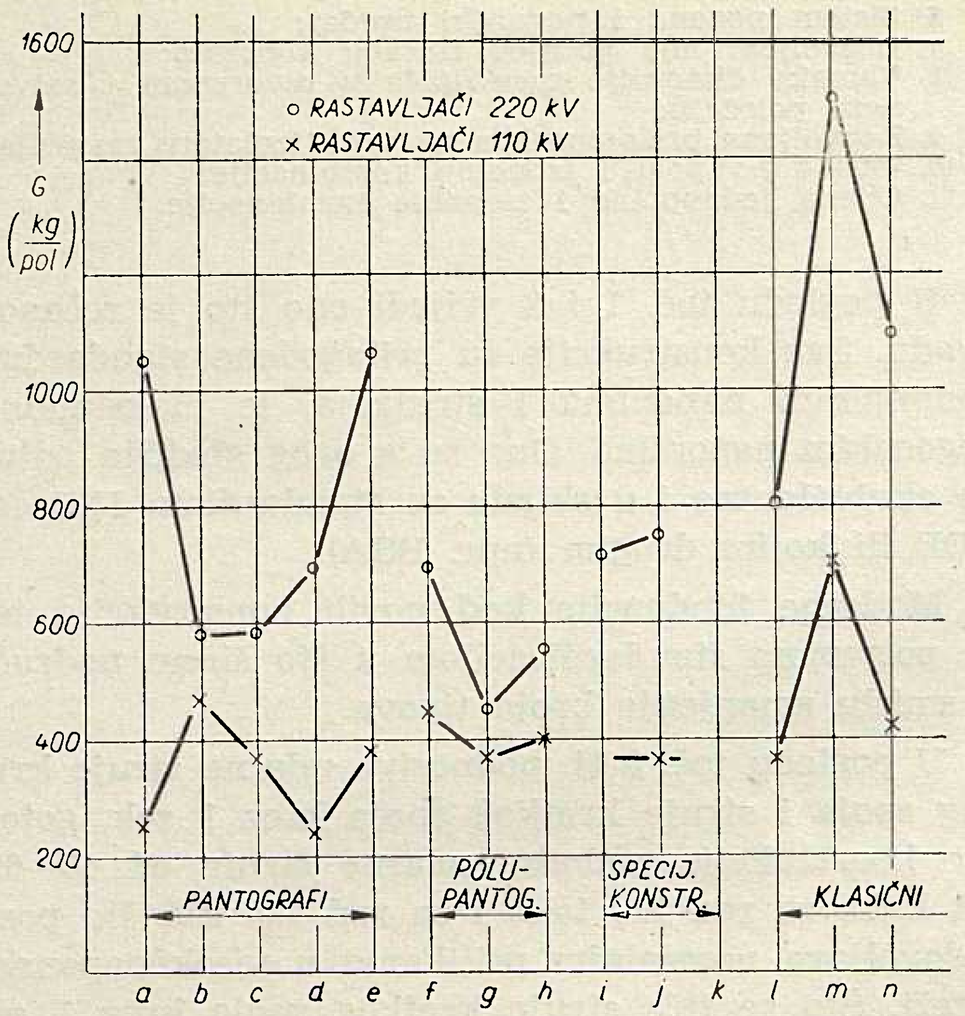
Može se konstatirati da danas postoje dva sistema pogona i pogonskih uređaja: pneumatski i motorni. I jedan i drugi sistem može se primijeniti kod svih tipova rastavljača. Izbor ovisi o sistemu sklopki snage odn. načina njihovog pogona. Jedinu iznimku čine »točkasti« rastavljači kod kojih je jedino moguć motorni pogon.

Povoljno je da dozvoljeni hod gornjeg fiksnog kontakta bude što je moguće veći. Time se dozvoljavaju veće varijacije provjesa, što znači da se u danim prilikama može dispozicija rješavati sa sve većim rasponima. Ovo ima za posljedicu manji broj sabirničkih portala a time i ekonomičniju kompoziciju rasklopnog postrojenja. U mnogim slučajevima, a naročito kod većih varijacija temperature okoline, potrebno je varijacije provjesa kompenzirati dodatnim uređajima. To se danas postizava na dva načina:

1. zavješenjem sabirnica preko kolotura putem utega i
2. kompenzacionim oprugama.

Rješenje s kompenzacionim oprugama elegantnije je i konstrukcioņo jednostavnije, ali zahtijeva precizan račun provjesa uzevši u obzir i karakteristike opruga te opterećenja sabirnica odn. spojnih vodiča koja uvjetuju dopunska opterećenja od leda odn. koncentrirana opterećenja gornjih fiksnih kontakata rastavljača.

Suvremene tendencije u gradnji rastavljača idu dakako tim smjerom da se ostvari što veći dozvoljeni



Sl. 5. Težine rastavljača (po polu)

hod gornjeg kontakta. To se postizava kako konstrukcijom toga kontakta (elastični kontakti npr. kod firme S&M), tako i odgovarajućom konstrukcijom pomičnih ručica odn. »škara« rastavljača.

Nastoji se, da se vanjske dimenzije rastavljača što više smanje kako bi se za određeni naponski red smanjile i dimenzije polja rasklopnog postrojenja. U tome pogledu je »točkasti« rastavljač postigao najveće mogućnosti ali s jednim nedostatkom: zahtijeva nešto veće visine zavješenja gornjeg užeta. Srednje rješenje je u tome pogledu postignuto konstrukcijama semipantografa. Pri tomu je važno naglasiti da nisu važni samo krajnji položaji rastavljača nego i međupoložaji, kako bi se uvijek postigla ista pogonska sigurnost odn. ista kvaliteta izolacionog nivoa.

Treba naglasiti da X-rastavljač označuje svakako važan korak u težnji za smanjenjem dimenzija. Kod njega se ukrštavanjem ručica postiglo znatno smanjenje vanjskih dimenzija uz zadržani princip: dva zgloba odn. ležaja za pomične ručice (škare).

Prelomna sila na vrhu izolatora odn. dopuštena sila koju prouzrokuje spojno uže, treba biti što veća, kako bi se mogli svladati čim veći rasponi. Ova sila ovisna je dakako o vrsti i tipu upotrebljenih izolatora: izolatora s punom jezgrom, štapnih izolatora, potpornih itd. Dozvoljena sila na vrhu izolatora iznosi kod dobrih konstrukcija od 200 do 350 kg, dok kod nekih čak 50 kg! Kod malene dozvoljene sile potrebno je tada umetnuti određeni broj potpornih izolatora, što dakako poskupljuje izvedbu u cjelini.

Na kraju dolazi i pitanje težine, odn. cijene rastavljača. S jedne je strane povoljno da je rastavljač što lakši, sa što manje dijelova, što ima za posljedicu to nižu cijenu. Time on postaje konkurentniji u današnas već dosta velikoj konkurenciji raznih proizvođača. S druge strane, naročito obzirom na trajnost rastavljača i pogonsku sigurnost, prednost treba dati robustnijim konstrukcijama. Kako se kreću težine jednog pola za razne tipove rastavljača, prikazano je u sl. 5, za rastavljače reda 110 i 220.

Vidi se da težine raznih proizvođača vrlo variraju, što se dakako odrazuje i na cijenu. Iz dijagrama možemo razabrati:

da su pravi pantografi u prosjeku teži od polupantografa,

da kod polupantografa postoji znatno manja razlika u težini rastavljača reda 110 i 220,

da su klasični rastavljači 220 kV u prosjeku teži od pantografa; ovo se odrazuje i na cijeni te su pantografi 220 kV u pravilu jeftiniji od klasičnih rastavljača;

da kod rastavljača pantograf 110 kV ima konstrukcija, koje su lakše od onih klasičnih ali i obratno; stoga su cijene također različite; u prosjeku je klasični rastavljač 110 nešto jeftiniji od pantograf-rastavljača ali ima i iznimaka.

Sigurno je da će se današnje konstrukcije i dalje razvijati kako u konstrukcionom tako i u tehnološkom pogledu. Može se očekivati da će taj razvoj težiti:

smanjenju dimenzija, osobito u otvorenom položaju,

povećanju dozvoljenog hoda gornjeg fiksnog kontakta,

povećanju čvrstoće konstrukcije, a osobito povećanju dozvoljene sile na vrhu izolatora,

pojednostavnjenju konstrukcije,

sniženju težine i cijene.

Današnje konstrukcije imaju još uvijek slabosti, ali ipak su dale nekoliko tipova koji su u mnogim postrojenjima zamijenili klasične rastavljače. Dosadašnja iskustva u montaži i pogonu pantografskih rastavljača dokazuju da su se oni čvrsto plasirali u današnjim postrojenjima kako iz razloga pogonske sigurnosti tako i zbog relativno malih dimenzija i malog prostora koji zauzimaju.

Naslov pisca: Ing. Krunoslav Begović, Elektroprojekt, Zagreb, Gundulićeva 32

Zanimljivi detalji rješenja izvedbe transformatorske stanice 30 kV u Zagrebu

U neposrednoj blizini Britanskog trga u Zagrebu, u Kukuljevićevoj ulici br. 15, započela je početkom mjeseca rujna 1961. izgradnja nove transformatorske stanice 30/10 kV. Njenom izgradnjom poboljšat će se opskrba električnom energijom potrošača koji se nalaze na području omeđenom Hercegovačkom cestom, Frankopanskom ulicom i Prilazom JNA, a koje se na sjeveru proteže do granice gradskog područja. Parcela u Kukuljevićevoj ulici br. 15 bila je jedino slobodno mjesto, koje je u tom dijelu grada odgovaralo za izgradnju stanice, jer se ovdje ona najprikladnije uključuje u postojeću mrežu 30 kV i 10 kV i nalazi se otprilike u središtu potrošnje. Sam objekt je interesantan iz dva razloga: to je prva transformatorska stanica 30/10 kV u Zagrebu koja se izvodi kao višekatnica, a također i prva stanica 30/10, čija se postrojenja u velikoj mjeri opremaju tvornički izrađenim montažnim elementima.

Projekt ove transformatorske stanice morao je voditi računa o slobodnom prostoru za izgradnju u Kukuljevićevoj ulici br. 15. koji je s obje strane omeđen stambenim četverokatnicama. Širina ulične fronte između dvije zgrade iznosi 11,80 m te se u unutrašnjosti jednostrano proširuje prema dvorišnom dijelu zgrade br. 17. Iz ovih razloga transformatorska stanica rješavana je u vertikalnom smjeru s ograničenjem u visini, tj. njena je visina usklađena s visinom susjednih stambenih zgrada. Pored toga, pri rješavanju zgrade posebno je vođeno računa o mogućnosti smještaja i unašanja u zgradu tvornički izrađenih montažnih ćelija postrojenja 30 i 10 kV.

Prednji uvjeti, uz potreban opseg stanice uslovili su, da je transformatorska stanica riješena kao dvokatnica. Pri tome visine pojedinih katova nisu jednake već su prilagođene potrebama opreme i montažnih ćelija.

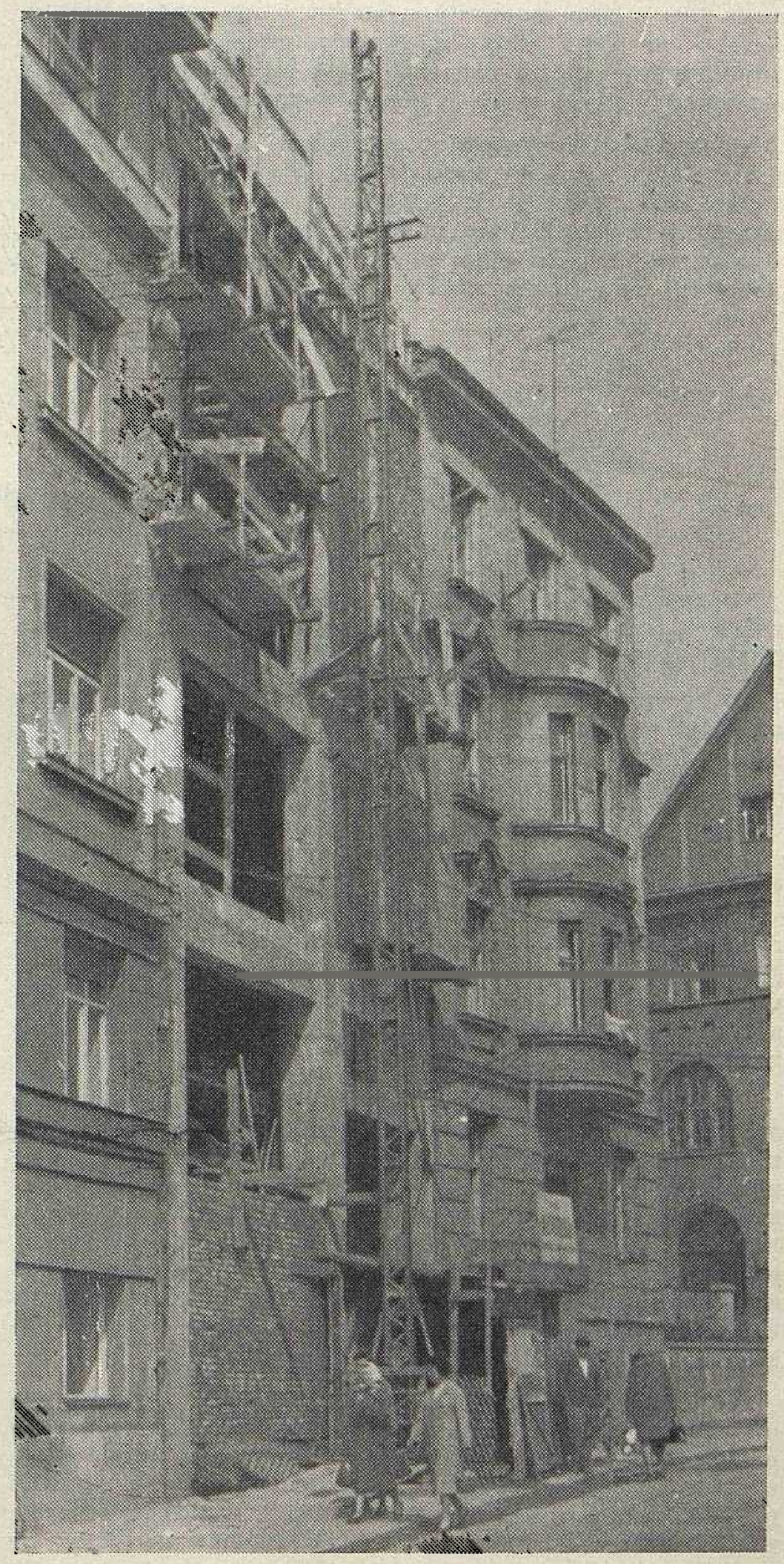
Zgrada stanice orijentirana je tako, da joj je duža os okomita na Kukuljevićevu ulicu, a jednim je zidom prislonjena uz zgradu na br. 13. Time je dobiven pravilan tlocrt zgrade, a samo se dvorišni prostor prema unutrašnjosti proširuje, jer je to uvjetovano već izgrađenom zgradom na br. 17. U prizemlju zgrade smještene su transformatorske komore transformatora 8.000 kVA, 30/10 kV, lokalnog transformatora 400 kVA, 10/0,4 kV s razvodom niskog napona te prostorija za budući smještaj tonfrekventnog uređaja za daljinsko upravljanje potrošačima. U prizemlju zgrade nalazi se i prostorija za smještaj automatskog uređaja za gašenje požara na velikim transformatorima, a iza transformatorskih komora prema zgradi br. 13, nalazi se kabelski prostor za sve visokonaponske i niskonaponske kabele. Razlika u visini između transformatorskih komora velikih transformatora i prostorija razvoda niskog napona i tonfrekventnog uređaja riješena je međukatom koji je iskorišten za smještaj kompresora i higijenskog čvora. Slobodni prostor ispred transformatorskih komora služi kao manipulativni prostor za dopremu i izmjenu transformatora i za unašanje opreme u pojedine katove. Strop prizemlja produžen je od transformatorskih komora do zgrade na br. 17, pa je taj prostor nadsvođen i u njemu se može raditi po svakom vremenu. U manipulativni prostor ulazi se direktno s ulice kroz velika vrata koja omogućavaju prolaz transformatora.

U prvom katu zgrade smješteni su izlazni elementi postrojenja 30 i 10 kV. To su izlazni rastavljači i kabelske glave vodnih polja 30 i 10 kV te naponski transformatori vodnih polja 30 kV. Izvod kabela 10 kV predviđen je malim provodima kroz strop prizemlja preko transformatorskih komora transformatora 8.000 kVA do kabelskog prostora, dok su za kabele 30 kV predviđeni posebni kabelski kanali iznad transformatorskih komora. U prvom katu zgrade smještena je i prostorija akumulatorske baterije s prostorijom ispravljača te manja priručna radionica.

U drugom katu zgrade nalaze se postrojenja 30 i 10 kV s pripadnim sklopkama, rastavljačima te mjernim i upravljačkim uređajima pojedinih polja. Tu se nalazi i prostorija za dnevni boravak dežurnog osoblja i za smještaj kontrolnih i signalnih uređaja te garderoba, odakle je posebnim stubištem omogućen pristup do priručnog skladišta.

Stubište za pristup u prvi i drugi kat zgrade smješteno je s dvorišne strane. Ono je prilagođeno pojedinim katovima što omogućuje direktan prilaz u pojedina postrojenja. U stanici je predviđen i izlaz za nuždu, a izveden je iz drugog kata željeznim ljestvama, a iz prvog kata direktno na terasu iznad manipulativnog prostora.

Tvornički izrađene montažne ćelije unosit će se iz manipulativnog prostora u postrojenja u prvom i drugom katu. Pojedini elementi dizat će se pomoću dizalice pa su za njenu montažu predviđene u stropu drugog kata dvije konzolne grede od armiranog betona. Grede se na gornjoj strani opremaju šinjama po kojima će kliziti dizalica. Za prolaz elemenata kroz terasu iznad manipulativnog prostora, predviđen je u njoj natkriti otvor koji omogućuje dizanje najvećeg elementa. Skidanjem pokrovnih ploča s otvora, pojedini se elementi postrojenja podižu do visine prvog ili dru-



Izgradnja uklopne VII

gog kata i pomoću dizalice uvlače u zgradu kolikogod je to moguće. Za unašanje elemenata u prvi kat treba, po podizanju elementa, otvor na terasi prekriti jakim drvenim gredama, na njih spustiti element i zatim ga povući u zgradu. Na isti način unosit će se oprema i u drugi kat uz tu razliku, da su za postavljanje provizornih drvenih greda u visini poda drugoga kata, a na mjestu unašanja, predviđene pomoćne konzolne grede. Za vrijeme unašanja montažnih elemenata u zgradu, na fasadi prvog i drugog kata — prema manipulativnom prostoru — ostavljaju se dovoljno veliki otvori koji se po unašanju svih elemenata zatvaraju velikim prozorima u kojima su ostavljena vrata za naknadno unašanje sklopki i ostale teže opreme i za njihovu eventualnu izmjenu u toku pogona.

Montažne ćelije tvorničke izrade, kojima se opremaju postrojenja 30 i 10 kV projektirala je i isporučit će »Hidromontaža« Maribor. Ćelije su unaprijed opremljene svim rasklopnim i mjernim aparatima, instrumentima i relejima te svim potrebnim mjernim i signalnim vodovima te se takove dopremaju na mjesto montaže. Na licu mjesta jedino se montiraju sklopke, koje se zbog razmjerno velike težine ne montiraju odmah u tvornici, te izvode potrebni spojevi sabirnica i pomoćnih strujnih krugova između ćelija. Isto tako se na licu mjesta montiraju u stanici i oni uređaji koji su potrebni za njeno normalno funkcioniranje, a ne mogu se izraditi kao montažni elementi. Radi orijentacije navodi se podatak, da najveća težina jednog elementa iznosi oko 2.500 kg.

Spojevi između pojedinih elemenata ćelija koji se nalaze u prvom i drugom katu, izvode se kroz otvore u stropu prvoga kata. Kako bi se prilikom montaže gotovih elemenata što više izbjegla netočnost izvedbe građevinskog dijela, nisu za spoj između ćelija predviđene pojedinačne provodne ploče, već su u stropu prvoga kata predviđeni otvori odgovarajuće širine, dugačke toliko, koliko su dozvoljavali građevinski razlozi. U ovakove otvore montiraju se provodni strujni transformatori ili provodni izolatori na poprečne profile, a preostali dijelovi otvora prekrivaju se pločama.

Hlađenje transformatora 8.000 kVA predviđeno je prirodnom cirkulacijom zraka. Hladni zrak ulazit će u transformatorske komore gotovo na cijeloj površini njihove fronte (kroz vrata predviđena s odgovarajućim perforacijama), a topao zrak izlazit će kroz kamin po cijeloj visini zgrade. Odvodna toplina zraka koristi se i za grijanje prostorija u prvom i drugom katu zgrade, pa su u tu svrhu predviđeni i odgovarajući otvori s automatskim zatvaranjem, čim uređaj požarne zaštite transformatora signalizira prekoračenje odgovarajuće temperature.

Transformatorska stanica sa svojim tlocrtom zaprema površinu od 298 m². Ona je projektirana za slijedeće snage kratkog spoja:

u postrojenju 30 kV	600 MVA
u postrojenju 10 kV	178 MVA
u postrojenja 380/220 V	9 MVA

Ovaj prikaz daje samo najosnovnije podatke i najnužniji opis dispozicionog rješenja nove transformatorske stanice zagrebačke mreže »Britanski trg«. U još manjoj mjeri dani su podaci o montažnim elementima, koji će se upotrebiti u ovoj stanici za opremanje pojedinih postrojenja. Zbog svoje interesantnosti, jer se po rasporedu aparata i preglednosti opreme približuju klasičnim elementima postrojenja, a po izradi i montaži u posljednje vrijeme dosta upotrebljavanim blok-elementima, oni zaslužuju poseban prikaz. On bi sigurno zainteresirao i širi krug stručnjaka.

Ing. Marijan Kosar

Zaštita od oluja i djelotvornost direktnih zaštitnih mjera u mrežama

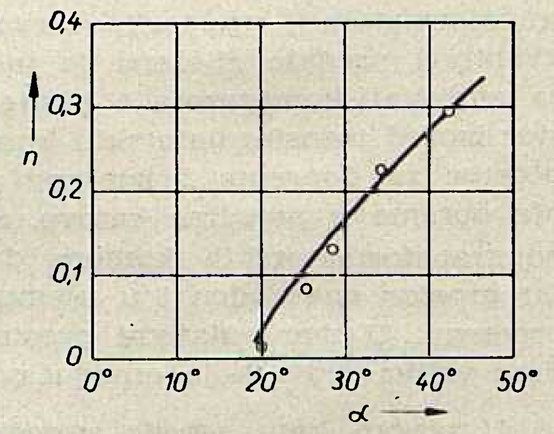
U *Energiji* br. 11—12, 1961, str. 406—407, dan je prikaz iz referata o atmosferskim prenaponima, a na osnovu referata CIGRÉ iz 1960.

U časopisu *ETZ-A*, 1961, svezak 9, pod naslovom *»Zaštita od oluja i djelotvornost direktnih zaštitnih mjera u mrežama«*, H. Baatz iznosi najnovija iskustva o zaštiti njemačke mreže, na osnovu statističke obrade.

Najbolja i najjednostavnija zaštita od groma je dobro vodljivi metalni gromobran, koji najkraćim putem uspostavlja vezu do kanala munje zbog izjednačenja naboja. Takav gromobran štiti izvjesno područje svoje okoline, što ovisi o veličini naboja u kanalu i o struji groma. Najuspješnija zaštita objekta postiže se tako, da se preko objekta razapnu užeta, koja se na što više mjesta uzemlje. Zaštita vodiča dalekovoda postiže se postavljanjem zaštitnih užeta iznad vodiča.

Uobičajeno je za jednu trojku vodiča postaviti samo jedno zaštitno uže na vrhu. Mjerenja s čeličnim štapićima do 1942. u Njemačkoj u svrhu određivanja udara groma u vod — pokazala su, da kod stupova visine do 25 m ne treba očekivati udar groma u vodiče, ako je kut zaštite 33°. Novija iskustva u SSSR sa stupovima visine do 50 m pokazala su, da je kut zaštite od 20° dovoljan. Takve dalekovode treba opremiti s dva zaštitna užeta. U priloženom dijagramu prikazan je specifični broj smetnji n u ovisnosti od kuta zaštite α.

Ista razmatranja vrijede i za rasklopna postrojenja na otvorenom. Kod većine postrojenja sabirnice se nalaze na najvećoj visini. Preko sabirnica se nerado stavljaju zaštitna užeta iz bojazni, da bi mogla pasti. Ako se u pogonu posveti jednaka pažnja zaštitnim užetima kao i vodičima onda otpada ova bojazan. Neispravno je upotrijebiti pocinčana čelična užeta i prepustiti ih sudbini, nego se treba za njih brinuti kao i za vodiče. Stanice bi morale biti opremljene barem gromobranima, koji se mogu učvrstiti na konstrukciju stanice, ukoliko sama konstrukcija nije znatno izdignuta nad vodičima. Gromobrani koji nadvisuju vodiče najmanje 6 m, zaštićuju do udaljenosti od oko 25 m. Povećanje područja zaštite gromobrana pomoću radioaktivnih tvari nema praktičnog značaja. Struje ionizacije, koje izlaze iz takvih šiljaka pod utjecajem radioaktivnosti, morale bi biti najmanje istog reda veličine kao one kod električnog polja, koje nastaju neposredno prije udara groma. Za to je potrebna znatna radioaktivnost, koja može biti opasna po ljude.



Specifični broj n prekida uslijed oluja na 100 km i 30 olujnih dana godišnje, kod dalekovoda sa zaštitnim užetom, u ovisnosti o zaštitnom kutu α

Nekada su na modelima vršena mnogobrojna ispitivanja o području zaštite zaštitnih užeta, ali se već tada sumnjalo u njihovu praktičnu vrijednost. Danas se smatra, da su mjerodavna samo iskustva s vodova.

Gromobran mora odvesti struju groma bez opasnosti u zemlju, te se stoga u elektroprivrednim poduzećima uvijek predviđa dovoljni presjek dozemnog voda. Poznata su samo dva slučaja, gdje su ekstremno velike struje groma razorile dozemni vod od čeličnog užeta presjeka 35 mm². Pad napona treba da je što manji, da se spriječe preskoci, naročito prema izoliranim vodičima.

Kod vodova sa srednjom visinom stupova općenito je dovoljno dimenzionirati uzemljenje stupova prema omskom otporu rasprostiranja, ako uzemljenje ne prekoračuje u radijalnom smjeru 20 m. Kod stupova bez zaštitnog užeta treba razmatrati struju groma, a kod stupova sa zaštitnim užetom struja se groma dijeli na više stupova, te se razmatra struja u stupu. Potrebni otpor rasprostiranja za dalekovod može se odrediti za slučaj, da ne dođe do povratnog preskoka od stupa na vodiče.

Kod dalekovoda napona 30 kV trebalo bi postići male vrijednosti otpora uzemljenja stupova, ako se želi da barem polovina svih udara groma ne uzrokuje smetnje. S obzirom da rasponi kod dalekovoda napona 30 kV nisu vrlo veliki, troškovi uzemljenja i zaštitnog užeta su znatni. Zbog preostalih udara groma treba provesti zaštitne mjere za održavanje pogona, kao postavljanje odvodnika u stanicama i upotreba sklopki s brzim ponovnim ukapčanjem. U Njemačkoj se stavljaju zaštitna užeta kod dalekovoda napona 60 kV ili višeg napona, što je ekonomski opravdano, a znatno pridonosi pogonskoj sigurnosti kod oluja. Ispitivanja su pokazala, da je učestalost udara groma u niske stupove dalekovoda nižeg napona samo 50 % od učestalosti udara groma u više stupove dalekovoda napona 110 kV ili više. U prosjeku iznosi broj udara na 100 km i godinu kod nižih napona 8, a kod viših napona 15. U Njemačkoj ima prosječno 20 do 30 olujnih dana godišnje.

Struja groma proizvodi električno i magnetsko polje, koje se na isti način mijenja kao i struja. Ova polja induciraju u vodičima napone, koji su tim veći, što je udar groma bliži vodu. Velike vrijednosti postiže ovaj inducirani napon samo za vrijeme čeonog dijela krivulje napona, te stoga vrlo kratko traje, svega nekoliko mikrosekundi. Takvi se valovi kod rasprostiranja vrlo brzo i jako prigušuju. Kod mreža nižih napona mogu inducirani naponi uzrokovati preskoke, dok su u mrežama višeg napona bez značaja.

Američko iskustvo pokazuje, da je broj smetnji uslijed oluja kod vodova s vrlo visokim stupovima uslijed udara groma znatno veći, nego se do sada pretpostavljalo na osnovu iskustva s nižim stupovima. Razlog nije samo viši stup koji ima veće područje privlačnosti, nego prije svega veći napon koji nastaje na izoliranim vodičima pogodjenog stupa uslijed električnog polja i induktivnog djelovanja struje groma koja teče kroz stup i zaštitno uže. U Njemačkoj nisu stečena takva iskustva s vrlo visokim stupovima dalekovoda. U Americi je broj udara groma u vodove prosječno godišnje osam puta veći, tako da oluje imaju znatno veći udio na ukupnom broju smetnji.

Smanjenje induciranog napona u vodičima može se postići slijedećim mjerama:

— montažom dvaju zaštitnih užeta ili više njih, uslijed čega se smanjuje valni otpor zaštitnih užeta, a povećava se faktor sprege prema vodičima; pored toga na ovaj se način postiže bolja zaštita od udara groma u vodiče;
— smanjenjem valnog otpora stupa povećavanjem promjera stupa;
— produženjem vrha stupa, uslijed čega se smanjuje utjecaj naboja kanala munje iznad stupa.

Ako se ne može izbjeći direktni udar groma ili povratni preskok na vodič, treba provesti zaštitne mjere u mreži, da se izbjegnu daljnji proboji izolacije osim onih na mjestu udara. Preskoci na dalekovodu ne moraju imati za posljedicu oštećenja. Električni lukovi, koji ostaju gorjeti uslijed pogonskog napona, prekidaju se gašenjem zemljospoja ili iskapčanjem.

Prilikom udara groma u stup ili zaštitno uže naraste napon glave stupa prema vodiču. Pri tome treba uzeti u obzir, da u izoliranom vodiču nastaje napon istog polariteta uslijed električnog i magnetskog polja. Prema tome je napon na izolaciji manji od pada napona na stupu i njegovom uzemljenju. Ako ovaj napon prestigne preskočni napon izolacije, to dobiva vodič, u ovisnosti o vremenskom trajanju preskoka, u nekoliko desetaka nanosekunda ovaj napon. Daljnji tok napona uvjetovan je strujom groma i otporom uzemljenja s paralelno spojenim valnim otporom vodiča. Čelo vala koji ulazi u vodič vrlo je strmo sve do vrijednosti preskočnog napona, a zatim postaje plosnato.

U slučaju udara groma neposredno u vodič, koji djeluje svojim valnim otporom, nastaje u vodiču vrlo visoki napon od nekoliko megavolta, također s vrlo strmim čelom u roku dijelova mikrosekunde. Ovaj visoki napon uzrokuje preskok na slijedećem izolatoru, dakle na slijedećem stupu. Napon se tad smanjuje na vrijednost koja odgovara struji groma i otporu uzemljenja. Bez obzira na početni vrh, putujući val na vodu ima u načelu isti oblik kao kod povratnog preskoka. Vrh se nakon kraćeg vremena prigušuje. Ako se u blizini mjesta udara nalaze pogonska sredstva s krutom ili tekućom izolacijom (na primjer transformatori), vrh putujućeg vala može ih probiti.

Valovi koji nastaju i putuju uzduž vodova nemaju napon veći od izdržljivog udarnog napona voda, jer se u protivnom slučaju smanjuju na ovu vrijednost daljnjim preskocima na stupovima u susjedstvu mjesta udara. Kod vodova s drvenim stupovima treba uzeti u obzir, da drvo djeluje izolirajući kod udarnih napona i da stoga na takvim vodovima mogu putovati valovi napona većeg od 1 MW. Prosječno se računa 300 kV po metru dužine drvene građe. Vodovi s drvenim stupovima mogu dovesti u stanicu vrlo visoke prenapone. Često se kod ovakvih vodova predviđaju između drvenih stupova čelični ili betonski stupovi, tako da se kod ovih znatno smanji prenapon uslijed preskoka. Zato treba kod tih stupova naročito pažljivo izvesti uzemljenje.

Ako se zbog ekonomičnosti ne može spriječiti udar groma u vodič stavljanjem zaštitnog užeta, trebalo bi predvidjeti barem ispred stanice, na dužini od 1 km, zaštitno uže i male otpore uzemljenja stupova. Unatoč tome neće se moći kod nižih napona spriječiti povratni preskoci, jer se otpor uzemljenja stupova ne može dimenzionirati dovoljno nisko. Vjerojatnost udara je manja nego kod visokih vodova. Stoga će se ova mjera ograničiti samo na važne stanice, dok se pred ostale stanice neće stavljati zaštitno uže niti na dužini od 1 km.

Ugrožavanje unutarnje izolacije (krute i tekuće) pogonskih sredstava kod udara u njihovoj blizini uvjetovano je različitim tokom udarne karakteristike unutarnje i vanjske izolacije. U načelu unutarnja izolacija treba da ima veću čvrstoću od vanjske izolacije, a izdržavi napon treba da je veći od proradnog napona paralelno spojenog odvodnika u opsegu njegovog zaštinog područja. Ako se s ekonomskog stanovišta dimenzionira izolacija, kod strmog porasta napona dolazi prvo do proboja unutarnje izolacije. Vrlo strmi porasti s visokim naponskim vrhom nastaju kod bliskog udara groma. Uz to se strmina udvostručuje kod refleksije vala na otvorenom kraju voda. Ako grom pogodi vodič, nije uvijek sigurno, da će unutarnja izolacija pogonskog sredstva u blizini mjesta udara biti zaštićena vanjskom izolacijom ili odvodnikom. Inače bi ovaj zaštitni uređaj morao imati homogeno polje u svom iskrištu, kako bi mogao reagirati bez odlaganja. Ali i u tom slučaju ostaje nepovoljno naprezanje dijelova namota zbog strmog čela napona, dok ne reagira iskrište, što može dovesti do proboja namota. Strmina čela može se ublažiti paralelnim spajanjem kondenzatora, ali je to skopčano sa znatnim troškovima. Povoljnije je zaštititi vodiče zaštitnim užetima ili se moraju očekivati oštećenja. Zbog male vjerojatnosti takvih slučajeva, za izbor rješenja, odlučujuća je vrijednost pogonskih sredstava u mreži.

U Njemačkoj se grade dalekovodi za napon 60 kV ili više samo na čeličnim stupovima i u pravilu s jednim zaštitnim užetom na vrhu stupa. Dalekovodi za napone do 30 kV nemaju u većini slučajeva zaštitnog užeta, a stupovi su čelični, armirani betonski ili drveni. Dalekovodi s drvenim stupovima imaju često čelične ili armirane betonske zatezne stupove. Udari groma u takve vodove uzrokuju najčešće kratke spojeve i izbacivanje pogođenih vodova. Mreže napona 220 kV direktno su uzemljene, dok ostale mreže imaju konpenziranu struju zemnog spoja.

Posljednjih je godina u Njemačkoj postavljena na novu osnovu statistika smetnji u visokonaponskim mrežama. Podatke skupljaju različita poduzeća, te je teško uskladiti kriterije. Teško je ocijeniti uzroke smetnja i oštećenja, jer treba odvagnuti, da li je u pitanju preopterećenje ili smanjenje izolacije. Ako je oluja uzrok smetnji, može se njen utjecaj na pogon sa sigurnošću utvrditi iz statistike.

Nova statistika smetnji izrađena je prvi puta 1958, za koju se godinu može uzeti 20 do 25 olujnih dana. Smetnjom se smatraju svi događaji, koji dovode do promjene pogonskog, izolacionog ili rasklopnog stanja mreže, a uzrokovani su greškom, kao što su zemni spojevi sviju vrsta, kratki spojevi, iskapčanja, prekid napajanja i slično. Takva smetnja ne mora biti povezana s prekidom dobave energije potrošaču. Teško je obuhvatiti zemne spojeve koji se sami gase. U mrežama napona počevši od 110 kV, ali već i kod napona od 60 kV, ovi se zemni spojevi registriraju pokaznim instrumentima, dok u mrežama nižeg napona nisu potpuno obuhvaćeni.

Iz sakupljenih se podataka vidi, da je utjecaj oluje to manji, što je viši napon. Ako se kod mreža napona 10 do 30 kV pretpostavi srednja učestalost od 8 udara groma na 100 km vodova i godinu, treba uzeti, da je svaki udar uzrokovao kratki spoj ili trajni zemni spoj. Kod mreža napona 60 kV ili višeg napona, gdje je učestalost groma povećana na 15, odličnu zaštitu daju zaštitna užeta s malim otporom uzemljenja stupova. Prednost gašenja zemnog spoja dolazi prvenstveno do izražaja u mrežama napona 110 kV. U mrežama 220 kV s kruto uzemljenom nultočkom svaki je zemni spoj kratki spoj i uvjetuje iskapčanje. Više od polovice ovih grešaka odstranjuje se brzim ponovnim ukapčanjem. Ovaj se način pogona često primjenjuje već i u mrežama napona 10 kV, jer je oko 40 % električnih lukova od kratkog spoja odstranjeno brzim ponovnim ukapčanjem. Zato je nerazumljivo da brzo ponovno ukapčanje dosada nije našlo primjenu prije svega u mnogobrojnim mrežama napona 20 i 30 kV.

Interesantna je usporedba zemnih spojeva koji se sami gase, a uzrokovala ih je oluja ili drugi uzroci. Zemni spojevi, koji se sami gase na dalekovodima napona iznad 30 kV, nastaju otprilike tri puta više uslijed drugih uzroka nego uslijed oluje. Ako se pak reduciraju na ukupnu dužinu kabelske i zračne mreže, smetnje su približno podjednako izazvane olujama i drugim uzrocima. Ovo su naročito oluja, led, strane naslage i strani utjecaji.

Utjecaj oluje na postrojenja može se razabrati samo za grupe napona 20, 60, 110 i 220 kV, jer grupe napona 10 i 30 kV imaju previše kabelskih mreža. Porastom napona opadaju greške uslijed oluje, dok se uslijed drugih uzroka znatno povećavaju. Zaključak je, da je utjecaj oluje na pogon mreže istoga reda veličine kao i svi ostali uzroci, koji uzrokuju smetnje u smislu statistike. Udio smetnji bez prekida dobave električne energije raste s pogonskim naponom, a kod dalekovoda nižih napona mogao bi se još povećati, ako bi se više primijenilo brzo ponovno ukapčanje.

Statistika potvrđuje teoriju, da udari groma u mreže srednjeg napona uvijek dovode do kratkog spoja. Kod mreža višeg napona utjecaj oluja je malen zbog upotrebe zaštitnih užeta, ali se ne može potpuno izbjeći sredstvima koja su ekonomski opravdana. Od mjesta udara groma u vod putujući valovi idu prema stanicama. Prenapone u postrojenjima treba ograničiti aparatima za zaštitu od prenapona, ako nisu zaštićena većim brojem odlaznih vodova ili kabela. Aparati za zaštitu prenapona neophodno su potrebni u stanicama na kraju dalekovoda, jer se ovdje napon udvostručuje zbog refleksije, a trebalo bi ih predvidjeti i u svim postrojenjima, gdje su priključeni vodovi nedovoljno zaštićeni zaštitnim užetima. Stoga su prvenstveno potrebni u mrežama srednjeg napona.

Statistika daje podatke o oštećenim pogonskim sredstvima (stupovi, izolatori, užeta, ovjesne armature, odvodnici, transformatori, mjerni transformatori, svitci, kondenzatori, rastavljači itd.) uslijed oluja, koje izazivaju manje oštećenja nego svi ostali uzroci. Ovo se odnosi i na transformatore i mjerne transformatore. Kod postrojenja to dolazi još znatno više do izražaja.

Osim razaranja stupova i oštećenja odvodnika rijetke su štete na dalekovodima uslijed udara groma. Ove nastaju tek uslijed struje greške s pogonskom frekvencijom. Najčešće se oštećuju izolatori, ali i užeta i stezaljke.

Oštećenja kabela, spojnica i kabelskih glava direktne su posljedice prenapona uzrokovanih olujama, što je u načelu slučaj kod proboja svake unutarnje izolacije, dakle i kod transformatora, svitaka i kondenzatora. Opseg oštećenja je uvjetovan strujom greške. Neće biti uvijek moguće utvrditi da li je uzrok proboja prenaprezanje ili nedovoljna izolacija. Često će uzrok biti smanjenje izolacije, ali ima slučajeva, kad se u namotima izazovu titraji, uslijed kojih može nastati prenaprezanje izolacije. Ugradnjom odvodnika mogla bi se još smanjiti oštećenja transformatora i mjernih transformatora.

Zaključak je, da je jedina neposredna djelotvorna zaštita protiv smetnji i oštećenja koje uzrokuje udar groma gromobran, koji odvodi struju groma u zemlju, a da ne dolazi do preskoka na vodiče. Gradnja takvih gromobrana je ekonomski problem, a pri tome treba uzeti u obzir vjerojatnost udara i njegove posljedice.

Ako se ne poduzmu odgovarajuće zaštitne mjere, udari groma u dalekovode uzrokuju smetnje pogona i oštećenje pogonskih sredstava. Zaštitna užeta, kao gromobrani, s malim otporom uzemljenja stupova, imaju veći efekt, ako je viši pogonski napon. Kod napona mreže manjeg od 60 kV njihova je korist tako malena, da se često može odustati od direktne zaštite. Ako udar groma u dalekovod uzrokuje preskok izolatora, nastaje zemni ili kratki spoj, koji se može lako ukloniti današnjim sredstvima rasklopne tehnike. Eventualna oštećenja izolatora ne uzrokuje struja groma, nego pogonska struja koja iza toga slijedi do iskapčanja. Zato je korisno kratko vrijeme iskapčanja ili zaštitne armature od električnog luka.

Ako su u neposrenoj blizini mjesta udara groma u vodič priključena pogonska sredstva s unutarnjom izolacijom, kao transformatori i slično, ona su ugrožena zbog vrlo strmog i velikog porasta prenapona. Postrojenja s takvim pogonskim sredstvima treba dovoljno zaštititi gromobranima ili zaštitnim užetima.

Statistika o učestalosti smetnji u mrežama srednjeg i visokog napona uslijed oluja pokazuje, da učestalost znatno opada s povećanjem pogonskog napona i to približno u odnosu 10 : 1. Udio smetnji bez prekida u dobavi električne energije mogao bi se povećati, ako bi se više upotrebljavalo brzo ponovno ukapčanje.

Sama struja groma ili od nje uzrokovani prenaponi na vodovima općenito uzrokuju samo oštećenja kod proboja unutarnje izolacije pogonskih sredstava. Oštećenja uslijed preskoka kroz zrak uzrokuje pogonska struja koja iza toga slijedi. Od toga se mreže zaštićuju odvodnicima, a gdje to nije ekonomično, zaštitnim armaturama od električnog luka.

Ing. K. Fišer

»Elektra«, poduzeće za distribuciju električne energije, Zabok

Reorganizacijom elektroprivrede 1. 4. 1949. osnovano je poduzeće »Elektra« Zagreb s 9 područnih ureda, od kojih je jedan poslovao u Zaboku. Razvoj elektrifikacije i proširenje industrije na području današnjeg kotara Krapina stvorili su, međutim, povoljne tehničke i ekonomske uslove za djelovanje samostalnog distributivnog poduzeća pa se danom 1. travnja 1957. dotadašnji područni ured osamostaljuje i postaje poduzeće *»Elektra« Zabok* s vlastitim organima radničkog upravljanja.

Njegovo područje obuhvaća uglavnom komune krapinskog kotara: Zabok, Krapinu, Klanjec, Pregradu, Konjščinu, Donju Stubicu, Zlatar, Oroslavlje i Mariju Bistricu, a manjim dijelom ulazi i na teritorij varaždinskog i zagrebačkog kotara (Zaprešić, Zelina).

Radi uspješnijeg i bržeg rješavanja tehničkih pitanja i uzdržavanja postrojenja na terenu osnovani su pogonski okruzi u Krapini, Zaboku, Bedekovčini, Oroslavlju, Klanjcu i Pregradi.

Elektrifikacija područja »Elektre« u Zaboku na širokoj bazi počela je tik prije drugog svjetskog rata u okviru bivšeg BEP-a, ali je bila ograničena pretežno na općine Donja Stubica, Zlatar i Zabok u kojima se počela razvijati industrija. Jači zamah elektrifikacije nastupio je u godinama poslije oslobođenja kada su izgrađene TS 30/10 kV u Zaboku i Ivancu s pripadajućim vodovima. U intenzivnom porastu konzuma, naročito posljednjih nekoliko godina, stvoreni su novi uvjeti za daljnju izgradnju novih objekata prijenosa i transformacije električne energije. Pored izgradnje novih objekata provode se mjere za temeljitu rekonstrukciju postojećih postrojenja, čiji kapaciteti danas ne zadovoljavaju.

U 1961. izgrađene su TS 30/10 kV u Krapini i Klanjcu s pripadajućim dalekovodima 30 kV Zabok–Krapina i Zabok–Klanjec, što predstavlja znatan korak za saniranje elektroenergetskih prilika ovog područja.

Osnovna sredstva poduzeća koncem 1961. godine sastoje se iz:

92,9 km dalekovoda 30 kV
350,1 km dalekovoda 1—20 kV
0,3 km kabelskih vodova 1—20 kV
3,6 km kabelskih vodova 0,4 kV
1295,6 km mreže niskog napona 220/380 V
6 transformatorskih stanica 30/10 kV
157 transformatorskih stanica 3—20/0,4 kV.

Potrošnja električne energije

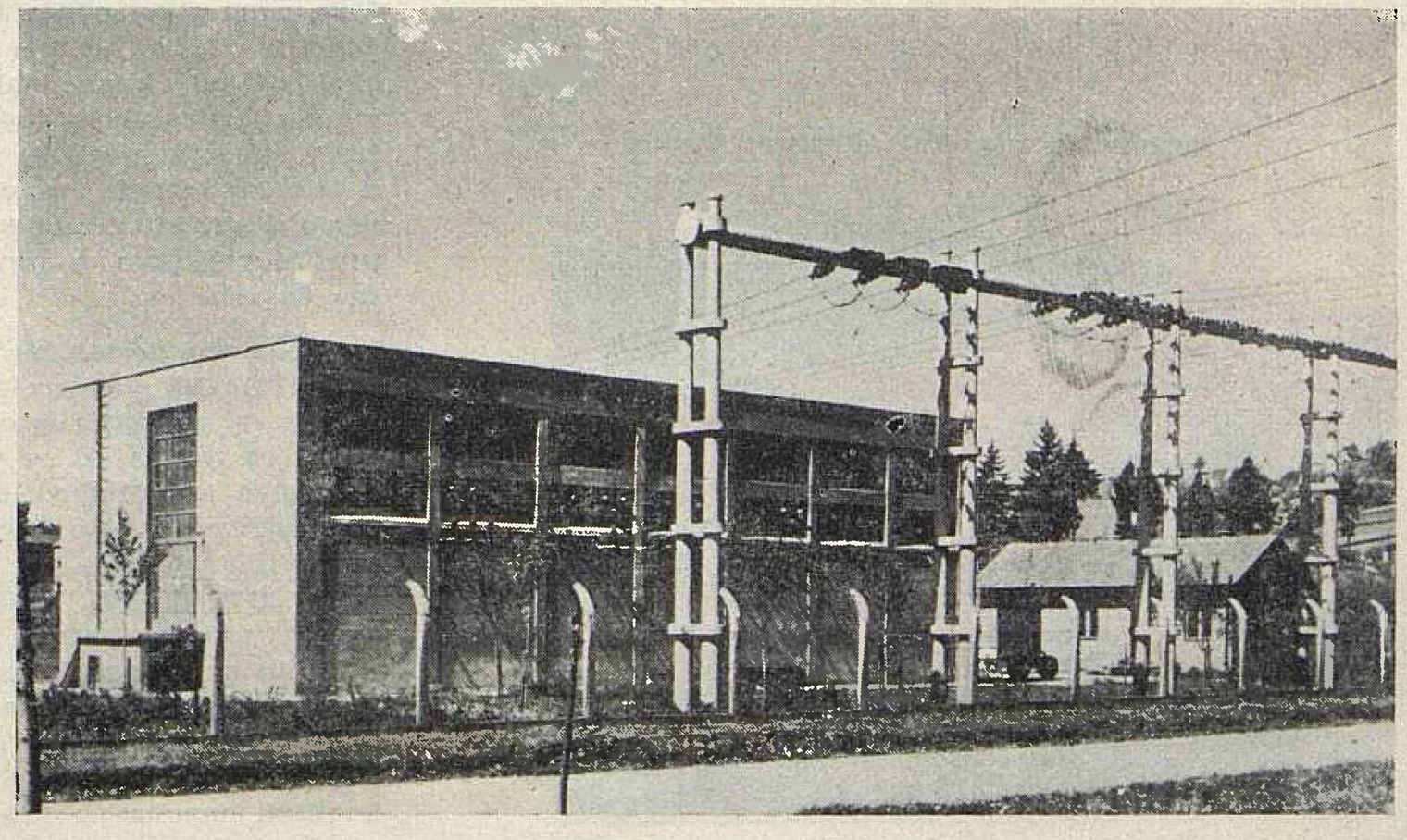
U poslijeratnom periodu konzum na području poduzeća »Elektre« Zabok u stalnom je porastu. Razvoj potrošnje električne energije na distributivnom području krapinskog kotara najbolje ćemo ocijeniti, ako usporedimo broj potrošača i njihovu potrošnju izraženu u kWh zadnjih nekoliko godina.

Godina	Broj potrošača	Potrošnja kWh
1958.	13.030	22,127.000
1959.	16.520	25,545.000
1960.	20.273	27,403.000
1961.	25.583	29,203.000

Porast potrošača u 1961. prema 1958. izražen u postocima iznosi oko 96 %. S povećanjem broja potrošača i potrošnja električne energije stalno raste.

Struktura potrošača 1961. kretala se ovako:

Grupa potrošača	Broj potrošača	Potrošnja kWh	Realizacija 1000 dinara
Industrija	33	19,015.257	272.609
Kućanstvo	23.417	5,755.870	64.620
Rasv. poslov. prostorija	800	1,141.268	30.515
Rasv. društ. prostorija	260	204.416	4.402
Motori i aparati	288	1,053.362	27.974
Poljoprivredni motori	981	494.463	9.197
Javna rasvjeta	39	321.119	2.007
Preprodavaoci	35	1,217.340	9.739
	25.853	29,203.095	421.263
Gubici u mreži		6,863.474	
Nabava		36,066.569	



Transformatorska stanica 30/10 kV u Zaboku



Proslava 10-godišnjice radničkog samoupravljanja u »Elektri« Zabok

U grupi velepotrošača najjači su konzumenti: Krapinska tekstilna industrija, Krapina; »Oroteks« Oroslavlje; »ZIVT« Zabok; Predionica Klanjec; zatim ugljenokopi Konjščina, Stubica, Špičkovina i Pregrada, te »Zagorka«, Bedekovčina; »Kotka« Krapina; »Straža« tvornica stakla i »Straža« plastika, Rogatec; Tvornica koža »Partizan« Poznanovec; Sljeme«, pogon u Zlatar-Bistrici; »Franjo Gorjup«, Oroslavlje; »Zagorje« Krapina; »Regeneracija« Zabok i dr.

Tehničko stanje postrojenja

Distributivno područje krapinskog kotara snabdijeva se električnom energijom uglavnom iz dviju pojnih tačaka: iz TS 30/10 kV Zabok preko voda 30 kV Rakitje–Pojatno–Zabok i manjim dijelom iz TS 35/10 kV Straža, putem voda 35 kV Potplat–Straža. Ujedno se koristi mogućnost napajanja preko dalekovoda 30 kV Ivanec–Zabok i TE Jertovec–Konjščina–Zlatar–Bistrica–Zabok, ali u oba slučaja postoji usko grlo prijenosa zbog preslabo dimenzioniranih vodiča (dalekovod Ivanec–Zabok i Zabok–Zlatar–Bistrica) i premalog učina transformacije u TE Jertovec. Zbog toga se predviđa izgradnja voda 30 kV Ivanec–Krapina, za što sada postoje povoljni uslovi. Postojanjem TS 30/10 kV u Krapini i izgradnjom spomenutog voda prema Ivancu osiguralo bi se napajanje iz Zaboka s više strana, a isto tako bi se i ugljenokopi u Ivancu i Golubovcu mogli prema potrebi napajati iz dva izvora. Pored toga time se uspješno rješava i pitanje konzumnog područja grada Krapine i tamošnje industrije.

Kako spomenuti vod 30 kV Zabok–Zlatar-Bistrica također ne zadovoljava kako u pogledu presjeka, tako i zbog dotrajalosti stupova, trebalo bi ili izgraditi novi vod ili postojeći generalno rekonstruirati, da bi se moglo udovoljiti novim uvjetima napajanja iz TE Jertovec (u koliko se na tom mjestu pojača transformacija).

Nogometna momčad »Elektre« Zabok



Područje Kumrovca i Kraljevca na Sutli, napaja se još uvijek iz NR Slovenije. Vod 20 kV Brestanica–Orešje–Bistrica ob Sutli preopterećen je, jer opskrbljuje Industriju pamučnih prediva u Klanjcu, a u najskorije vrijeme trebala bi se izgraditi industrija glinenih proizvoda i tvornica televizora u Kumrovcu, te bi ukupna priključna vrijednost iznosila oko 2,3 MW. Bilo bi stoga neophodno izgraditi vod 30 kV Zabok–Tuhelj, oko 13 km dužine i TS 30/10 kV u Tuhelju.

Uklonjen je jedan dio voda 20 kV prema bivšoj TS 20/0,4 kV Klanjec, a paralelno s tim izgrađen je novi vod 10 kV od TS 30/10 kV Tuhelj–Predionica Klanjec i priključni vod 10 kV za rekonstruiranu TS u Klanjcu (20/0,4 na 10/0,4 kV). Ti su radovi izvedeni u okviru planom predviđene generalne rekonstrukcije postrojenja 20 kV, budući da u centru tog konzumnog područja postoji novi izvor 30/10 kV i jer je dosadašnji sistem napajanja iz mreže 20 kV imao niz tehničkih nedostataka (otežana nabava materijala i rezervne opreme za napon 20 kV).

Mnoge mreže, naročito ranije izgrađene, nisu u stanju zadovoljiti konzum, koji rapidno raste uz razmjerno povećanje industrije i podizanje životnog standarda stanovništva. Zato je uz izgradnju novih vodova 10 kV nužno pristupiti rekonstrukciji postojeće dalekovodne i niskonaponske mreže kako bi se smanjio raskorak između potrošnje i nabave električne energije.

Pored navedenih radova u vezi s izgradnjom postrojenja u toku 1961. mnogo se radilo na investicionom uzdržavanju postrojenja, te je u tu svrhu utrošeno oko 70,000.000 dinara. Na postrojenjima 30, 10 i 0,4 kV ugrađeno je prošle godine oko 280 katodnih odvodnika R-30, 20, 10 i 0,4 kV, izveden je veći broj uzemljenja i uređena su nepropisna križanja mreža niskog napona s telefonskim i telegrafskim linijama i vodovima 10 kV. Izmijenjeni su i dotrajali vodiči na 10 mreža niskog napona i na 2 dalekovoda 10 kV, ugrađeni osigurači FZ na mrežama niskog napona, te izmijenjene dotrajale stezaljke Al-Cu.

I pored svih tih radova nije zanemaren pregled i preuzimanje mreža niskog napona i vodova 10 kV. U protekloj godini preuzeti su od drugih investitora slijedeći objekti: vod 30 kV Zlatar-Bistrica – TE Jertovec, u duljini 9,5 km, vodovi 10 kV u duljini od 13,50 km, mreže niskog napona u duljini oko 148 km i 8 transformatorskih stanica 10/0,4 kV. Pregledano je nadalje 12 mreža niskog napona.

Mnogo se radilo i na tekućem uzdržavanju, na rekonstrukciji i izgradnji novih postrojenja za treće osobe, kao i na otklanjanju kvarova na postrojenjima uslijed nevremena.

Opravdanost izgradnje TS 110/30 kV

Promatra li se daljnje proširenje elektrifikacije područja distributivnog poduzeća »Elektre« Zabok, još se uvijek uočava nepovoljan odnos između nabave i potrošnje električne energije. To se očituje relativno velikim gubicima (u 1961. oko 19% od ukupne nabave) uzrokovanim premalim dimenzijama prijenosnog voda Rakitje–Pojatno–Zabok. U današnjoj situaciji mogu se nedostaci ukloniti jedino tako, da se u Zaboku izgradi transformatorska stanica 110/30 kV, za što postoje objektivni uvjeti. Projekt za taj objekt 110 kV je pred dovršenjem, a izgrađuju ga stručnjaci »Elektroprojekta« Zagreb.

Nedaleko postojeće TS 30/10 kV u Zaboku prolazi dalekovod 110 kV Rakitje–Jertovec, tako da bi priključak bio kratak, a postojeća transformatorska stanica u Zaboku dovoljno je velika da se u nju može postaviti najnužniji dio TS 110/30 kV. Budući da konzum transformatorske stanice u Zaboku stoji vrlo povoljno, stanica bi i s te strane posve zadovoljila. Nestabilne naponske prilike (napon varira između 24 i 29 kV), uvjetovane oscilacijom uglavnom prijenosnih sistema, vrlo nepovoljno utječu na distribuciju, a naročito na industriju koja zahtijeva konstantan napon. Drastičan primjer tekstilne tvornice u Klanjcu, gdje je cijeli pogon stajao izvjesno vrijeme zbog izvanredno lošeg napona na mreži 30 kV, vjerno ilustrira ovisnost distribucije o kvaliteti napona na pragu.

Pored toga skorim puštanjem u pogon novih industrijskih kapaciteta (»Oroteks«, Krapinska tekstilna industrija i »ZIVT«) ukupno opterećenje će porasti za oko daljnja 2 MW, a kasnije za 7 do 8 MW. Uzevši u obzir sadašnje maksimalno opterećenje koje se kreće između 7 i 8 MW na cijelom području, vidi se, da je izgradnja objekta 110 kV ne samo aktuelna nego i vrlo hitna.

U svrhu uspješnijeg uzdržavanja postrojenja, a s obzirom i na plan elektrifikacije područja krapinskog kotara, kolektiv će izgraditi specijalizirane radionice, upravno-poslovnu zgradu i skladište. Prema usvojenom programu i projektima radionice će biti opremljene najsuvremenijom opremom, a predviđena je i izgradnja radionice brojila, baždarnica, elektrotehnička, mehanička, bravarska i ličilačka radionica koje će uglavnom obavljati poslove za vlastite potrebe poduzeća. U sklopu upravno-poslovne zgrade posebno će se urediti društveni dom i restoran društvene prehrane. Prošle godine članovi kolektiva odrekli su se dijela viška i odvojili sredstva za izgradnju neophodno potrebnih radionica, skladišta i upravno-poslovne zgrade. S tako osiguranim sredstvima, gradnja tih objekata početi će sredinom ove godine.

Radna snaga i društveni život

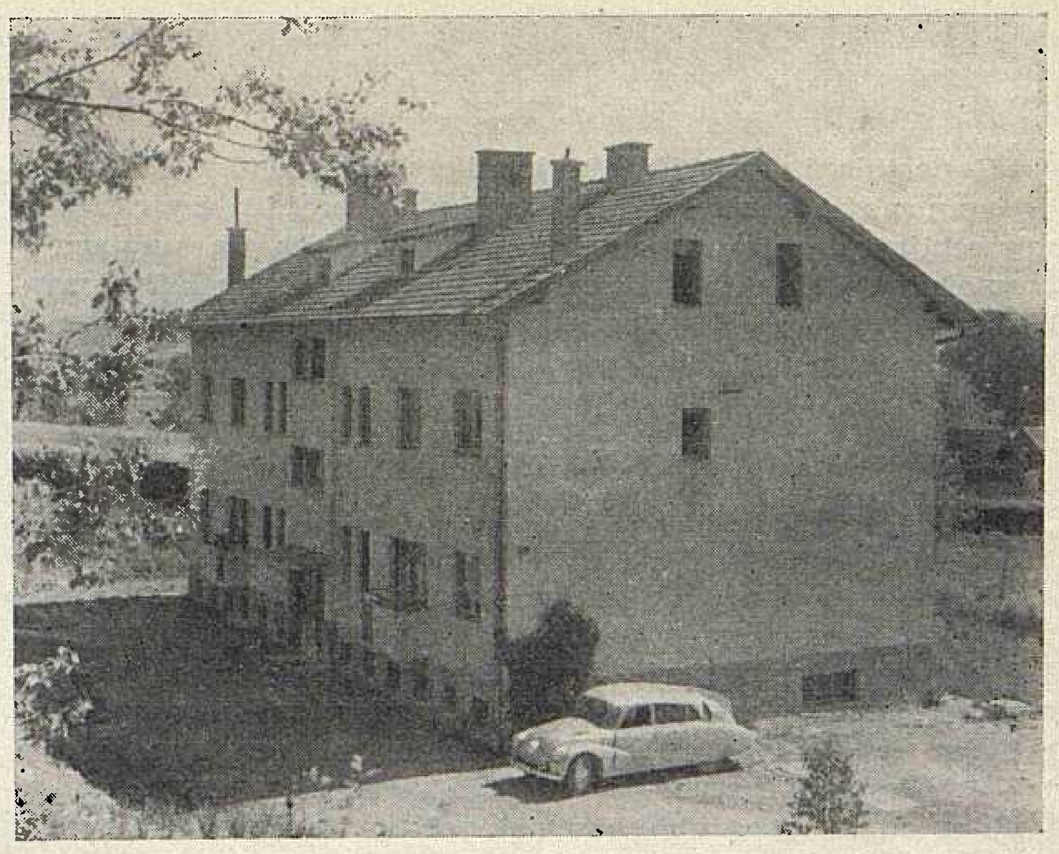
U poduzeću je zaposleno prosječno 152 radnika i službenika. Struktura zaposlenih prikazana je u narednoj tablici.

Stručna sprema	Ukupno	Od toga	
		radnika	službenika
Visokokvalificirani	21	15	6
Kvalificirani (srednja stručna sprema)	64	41	23
Polukvalificirani	48	23	25
Pomoćno osoblje	19	16	3
	152	95	57

U pogledu kvalifikacija današnji kadar zadovoljava za obavljanje redovnih tehničkih zadataka. No u novim i suvremenim radionicama, čija će izgradnja početi u godini 1962, pojavit će se i složeniji radovi za koje je potrebna visokokvalificirana radna snaga. Da bi se osigurao odgovarajući stručni kadar, poduzeće će preko Školskog centra za izobrazbu kadrova u Zagrebu školovati svoje ljude koji su već zaposleni u pogonima.

Higijensko-tehničke zaštitne mjere u pogonima primjenjuju se pravilno, što je u velikoj mjeri utjecalo, da se broj nesreća u 1961. smanji za 50 % u odnosu na 1960. U prošloj godini bilo je 11 slučajeva nesreća pri radu i to sve lakše prirode.

Radnicima su osigurana zaštitna odijela, obuća, bunde i dr. Za obavljanje terenske službe na održavanju postrojenja na raspolaganju su: 5 motocikla s prikolicom i 8 mopeda. Nadalje vozni park ima dva kamiona i 1 poluautobus za prijevoz radnika. U programu je proširenje voznog parka, a



Stambena zgrada »Elektre« Zabok

predviđeno je uvođenje tipiziranih vozila koja će najbolje odgovarati terenskim prilikama područja, kao i radi lakšeg uzdržavanja i zamjene doknadnih dijelova.

Iako stambene prilike članova kolektiva nisu kritične, ipak im se poklanja velika pažnja. Pored vlastitih 8 stanova poduzeća u planu je izgradnja još jednog dvosobnog stana. U 1961. poduzeće je kao suinvestitor učestvovalo u gradnji velikog poslovno-stambenog objekta u središtu Zaboka, tako da su »Elektri« pripala 3 komforna stana. Nadalje izrađeni su i projekti tipskih zgrada za pogonske okruge koji će se realizirati u toku idućih godina. U tim zgradama izgradit će se stan za poslovođu, pomoćna radionica, manje skladište materijala i dr. Iako kod većine članova kolektiva stambeno pitanje nije teško, ipak će se morati nastaviti s radom na proširenju stambene izgradnje, naročito s obzirom na proširenu djelatnost poduzeća. Kada se zaposli veći broj visokokvalificiranih stručnjaka, trebat će im osigurati stanove.

Društveni život radnika »Elektre« odvija se u suradnji s drugim sindikalnim podružnicama zajedničkim nastupom na svim manifestacijama političko-društvenog i športskog karaktera. Izgradnjom vlastitog doma društveni život u kolektivu imat će bolje uslove za stvaranje intenzivnijeg rada.

Sportski aktiv »Elektre« učestvuje redovito na Radničkim sportskim igrama koje se organiziraju na području općine Zabok. Sportaši se natječu u nogometu, kuglanju, stolnom tenisu, šahu i odbojci.

Zadnjih nekoliko godina organiziraju se redovna sportska natjecanja u više disciplina s članovima elektroprivrednih poduzeća u Brestanici i Krškom, svake godine u drugom mjestu. Time se ostvaruje prijateljska i drugarska suradnja sa srodnim elektroprivrednim organizacijama iz bratske NR Slovenije.

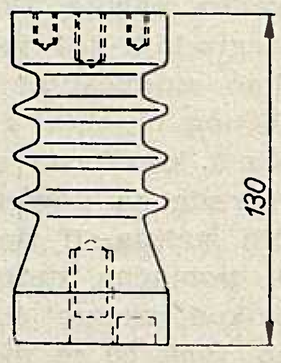
Ivan Radman

Aralditni izolatori

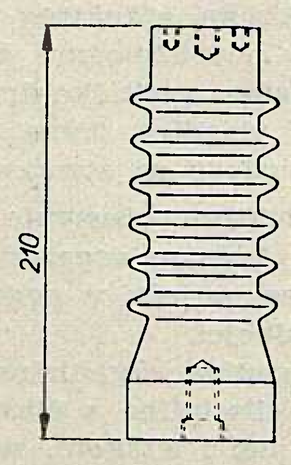
U nastojanju poboljšanja kvalitete elektromaterijala primjenom novih materija, umjetna masa araldit uspješno se upotrebljava umjesto porculana kod uređaja za unutarnju montažu. Odlične električke, mehaničke i tehnološke osobine ovog novog izolacionog materijala nadmašuju svojstva porcelana, a pored toga, uređaj ima manje dimenzije i lakši je.

Mariborska tvornica »Hidromontaža« počela je proizvodnju potpornih i provodnih izolatora te rastavljača od aralditne mase.

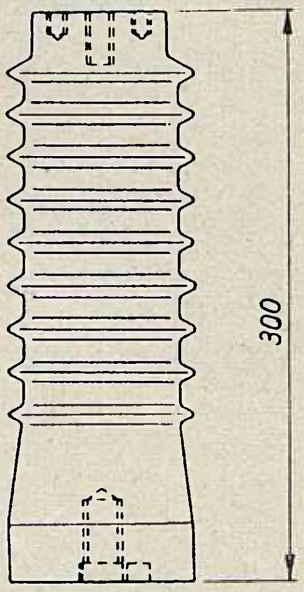
Potporni izolatori za nazivni napon 10, 20 i 30 kV predviđeni su za unutarnju montažu. Za pričvršćenje potpornog izolatora na osnovu, odnosno sabirnica na izolator, u podnožju i glavi izolatora stavljeni su metalni ulošci s odgovarajućim navojem za vijke. U podnožju izolatora izvedena je također zaštita protiv zaokretanja izolatora. Potporni je izolator cilindričnog oblika s više rebara malog radijusa, što znatno povećava njegovu izolacionu sposobnost, kod smanjene površine. Površinska se vodljivost javlja kao posljedica taloženja prašine i ostalih sitnih čestica na površini izolatora. Uslijed utjecaja vlage, koja se javlja i u zatvorenim prostorijama, površinski sloj izolatora postane vodljiv. Kod glatkog potpornog izolatora može površinska vodljivost dovesti do preskoka između glave i podnožja. Izabrani oblik aralditnog izolatora u velikoj mjeri otklanja opasnost površinskog preskoka.



Sl. 1a. Aralditni potporni izolator 10 kV za nutarnju montažu



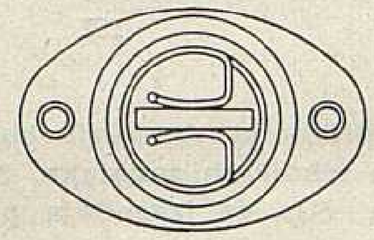
Sl. 1b. Aralditni potporni izolator 20 kV za nutarnju montažu

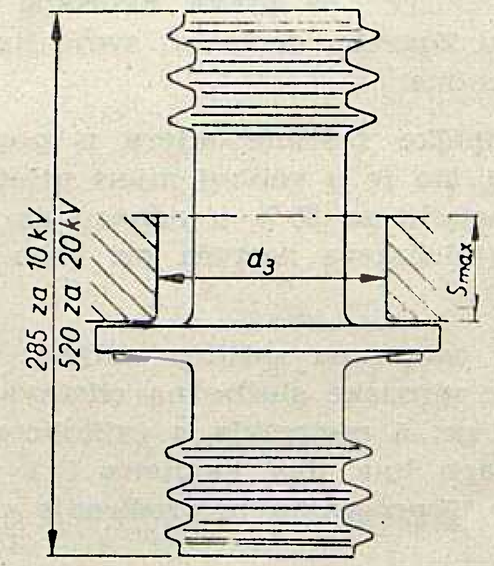


Sl. 1c. Potporni izolator 30 kV za nutarnju montažu

Araldítni potporni izolator pokazuje velike prednosti i u pogledu vladanja kod djelovanja luka uslijed kratkog spoja. Dok luk na površini izolatora između glave i podnožja potpuno uništi porculanski izolator, to se kod aralditnog izolatora ne događa. Izolator treba samo očistiti suhom krpom i on je sposoban za stavljanje pod napon.

Uslijed odličnih mehaničkih svojstava oštećenja aralditnih izolatora kod transporta su minimalna. Slika 1 prikazuje opisane aralditne potporne izolatore za 10, 20 i 30 kV. Zbog navedenih dobrih osobina araldita, tvornica »Hidromontaža« počela je izrađivati iz tog materijala provodne izolatore za unutarnju montažu. Njegove kvalitete omogućavaju bitno smanjenje dimenzija i težine a istovremeno i pojačanje izolacione sposobnosti u poredbi s porculanskim provodnicima. Izolirani provodni dio zajedno s obodom napravljen je od araldita. Za pričvršćenje u zid odnosno u konstrukciju u aralditni su obod uliveni cijevni ulošci za vijke. Provodni izolacioni dio nema ugrađenog vodiča. Sabirnica se vrlo jednostavno montira direktno u provodnicu bez prekidanja. Provodnica je tako konstruirana, da se može upotrebiti za različite veličine jednoprofilnih i dvoprofilnih sabirnica. Maksimalni presjek koji se može montirati kod jednopolnih sabirnica je 60 × 10 mm, a kod dvoprofilnih 2 × 50 × 10 mm. U unutrašnjosti provodnice sabirnički su profili pričvršćeni pomoću posebno konstruiranih pločica. Kod izbora treba odrediti presjek sabirnica za koje će se



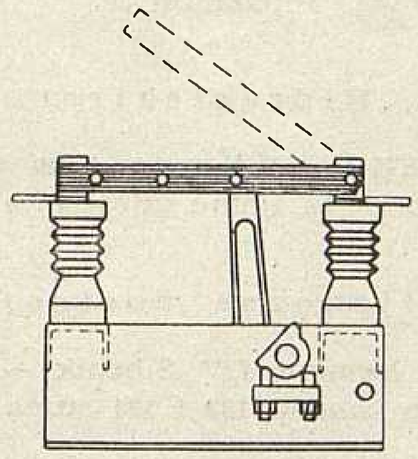


Sl. 2. Aralditni provodni izolator 10 i 20 kV za nutarnju montažu

primijeniti provodni izolator. U unutrašnjosti provodnog izolatora nalazi se metalni cilindar, koji sprečava negativne elektrostatičke pojave. Kod provodnika za 10 kV nosiva je pločica smještena u ravnini oboda, što sprečava da provodni izolator bude opterećen na savijanje. Kod provodnika za 20 kV, međutim, pričvršćuje se sa dvije nosive pločice, te u slučaju kratkog spoja može biti izolator opterećen na savijanje. Čvrstoća iznosi 1000 kp. Slika 2 prikazuje opisani provodni izolator.

Daljnji novi proizvod tvornice »Hidromontaža« je tropolni rastavljač 10 kV, 630 A i 1250 A, sl. 3.

Neprekidni razvoj visokonaponskih razvodnih postrojenja povlači sa sobom i povećane zahtjeve, koje moraju zadovoljavati pojedini visokonaponski aparati. Od visokonaponskih rastavljača traži se pored ostalog i slijedeće: smanjenje dimenzija i poboljšanje električkih i mehaničkih svojstava. To se moglo postići upotrebom novih izolacionih materijala i racionalnom konstrukcijom sastavnih dijelova rastavljača.



Sl. 3. Tropolni rastavljač 10 kV

Električna struja ulazi kroz rastavljač preko masivnih kontakata i duplih kontaktnih noževa, praktički bez mijenjanja smjera tako, da se ne stvara petlja, koja bi u slučaju kratkog spoja prouzrokovala otvaranje rastavljača. Kontaktni komadi s priključcima izrađeni su u lijevanoj izvedbi, a dupli kontaktni noževi napravljeni su od profilnog bakra. Jake opruge omogućuju tačno određeni pritisak kontaktnih noževa i masivnog fiksnog kontakta. Na taj način osiguran je vrlo siguran kontakt točkastog oblika i visoka mehanička otpornost kontaktnih noževa u slučaju kratkog spoja. Potporni izolatori izrađeni su od umjetne mase odličnih električnih i mehaničkih osobina.

Od sličnog su materijala izrađene pogonske poluge na rastavljaču. Nosiva konstrukcija rastavljača napravljena je iz limenih profila. Rastavljači se mogu posluživati ručno ili komprimiranim zrakom. Oni se mogu dodatno opremiti noževima za uzemljenje i visokonaponskim osiguračima.

Ing. Jože Vide

Izgradnja dalekovoda 220 kV i 110 kV u NR Hrvatskoj

U vezi s daljnjom izgradnjom dalekovodne mreže 220 kV i 110 kV u NR Hrvatskoj radi se ove godine nekoliko značajnih objekata: grade se dalekovodi 220 kV Mraclin–Kidričevo i 110 kV Međurić–Virovitica, Brčko–Osijek i Ston–Dubrovnik.

Dalekovod 220 kV *Mraclin–Kidričevo,* dužine oko 92,5 km, treba da prenosi električnu energiju iz bazena dalmatinskih hidroelektrana u sjevernu Hrvatsku i Sloveniju. On polazi iz TS 220/110 kV Mraclin, a krajnja mu je tačka TS u Kidričevu.

Investitor »Elektroprenos« Zagreb povjerio je izvedbu građevinskih i montažnih radova poduzeću »Dalekovod«; »Energoinvest« iz Sarajeva isporučit će čelične rešetkaste stupove klasične konstrukcije. Vodiči ovog dalekovoda imaju presjek 360/57 mm² alučela, zaštitno uže je od pocinčanog čelika III presjeka 95 mm², izolacija dalekovoda izvest će se kapastim izolatorima K-3 s 12 članaka u lancu. Uzet je ovjesni materijal »Volpato« iz uvoza, jer se ne proizvodi u našoj zemlji; isporuka ovjesnog materijala s inozemnim proizvođačima već je zaključena. Izvođač je počeo građevne radove i organizirao dva glavna gradilišta, u Zlataru i Golubovcu. Nastupom ljepših i povoljnijih vremenskih prilika na pojedinim se radilištima radi ubrzano.

Za izgradnju i opremu ovog dalekovoda utrošit će se oko jedna milijarda dinara, a prema ugovoru svi radovi moraju biti završeni do kraja rujna ove godine.

Dalekovod 110 kV *Međurić-Virovitica,* dužine oko 61,8 km opskrbljivat će električnom energijom područje kotara Virovitica i djelomično područje kotara Koprivnice i Našica. Pojna tačka voda, TS 110/30 kV Međurić, povezana je dalekovodom 110 kV sa TS 110/30 kV Sisak, a ova sa TS 220/110 kV Mraclin. Krajnja tačka bit će TS 110/30 kV u Virovitici za koju je već izrađen glavni projekt.

Gradnju i montažu izvodi poduzeće »Dalekovod«. Ono je osnovalo centralno gradilište u Grubišnom Polju s nekoliko podgradilišta; drugo radilište nalazi se u Poljani.

Pocinčane čelične rešetkaste stupove s prednapregnutim dijagonalama izradit će poduzeće »Energoinvest« Sarajevo, a cjelokupni ovjesni materijal isporučit će domaća elektroindustrija.

Dalekovod 110 kV *Brčko–Osijek,* dužine oko 83 km, također je važan objekt visokonaponske mreže u NR Hrvatskoj za opskrbu istočne Slavonije električnom energijom.

Danas se veći dio Slavonije opskrbljuje dalekovodom 110 kV Kakanj–Doboj–Sl. Brod–Osijek preko transformatorskih stanica 110/30 kV Sl. Brod i Osijek. Zbog velike udaljenosti između TE Kakanj i TS 110/30 kV Osijek (oko 240 km), te preopterećenosti dijela ovog dalekovoda između Zenice i Doboja, naponske prilike u Osijeku su loše i pad napona često je nedozvoljeno visok, tako da je napon u Osijeku oko 90 kV, a u Sl. Brodu oko 96 kV. Kako dosadašnji razvoj potrošnje ukazuje na daljnji veliki porast, treba izgraditi još jedan dalekovod koji će omogućiti povećanje prijenosnog kapaciteta i poboljšati naponske prilike.

Prema odobrenim projektima početna tačka dalekovoda je buduća TS 110/30 kV Brčko, a krajnja će biti TS 110/30 Brijest kod Osijeka.

Stupovi su klasični čelični rešetkasti, presjek vodiča je 3 × 150 mm² alučel, zaštitno uže 1 × 35 mm² Če, izolatori K 170/280.

Građevne i montažne radove na dionici Andrijaševci–Osijek, dužine oko 41,7 km, investitor je ustupio poduzeću »Dalekovod«, dok će drugu dionicu Brčko–Andrijaševci izvoditi poduzeće »Elektrocentar« Sarajevo. Radovi su u toku i poduzeće »Dalekovod« organiziralo je glavno gradilište u Vinkovcima.

Za gradnju dalekovoda 110 kV Brčko–Osijek investitor će uložiti oko pola milijarde dinara, a ugovoreno je da izvođači imaju završiti građevne i montažne radove do 31. kolovoza ove godine.

Poduzeće za prijenos električne energije »Elektroprenos«, Split počelo je gradnjom dalekovoda 110 kV *Ston–Dubrovnik,* dužine oko 44 km. Izvest će se jednostruki dalekovod s pocinčanim čeličnim rešetkastim stupovima, vodiči su 150 mm² alučel, dozemno uže 50 mm² Fe.

Za izgradnju ovog dalekovoda utrošit će se oko 279 milijuna dinara, a investitor je planirao da radovi imaju biti završeni tokom mjeseca kolovoza 1962.

I. R.

Važniji pogonski događaji u elektroenergetskim postrojenjima

1960.

STUDENI

A. Hidroelektrane

HE Split. Od 18. XI do kraja mjeseca obustavljen pogon cijele elektrane zbog uklapanja provizorija u komandi HE Split, te provedbe injekcionih radova u tunelu.

B. Termoelektrane

TE Jertovec. Planirana obustava cijelog pogona od 5–20. XI radi čišćenja svih kanala, bunara i rezervoara itd.
Od 13. XI u planu godišnji remont TA-3 i kotao 3.

C. Postrojenja za razdiobu

4. XI Proboj kabela 10 KV u TS 30/10 Dujmovača (»Elektrodalmacija« Split).
Prekid vodiča na DV 35 kV Bihać – Lički Osik (»Elektrolika« Gospić).
Rušenje stupa na DV 30 kV Lozovac – Kalun (Električno poduzeće Šibenik).
Prekid vodiča na DV 30 kV Sisak I – Sisak II (»Elektra« Sisak).
Prekid vodiča na DV 30 kV – Gojak – Oštarije i Gojak – Tušmir (»Elektra« Karlovac).

5. XI Proboj provodnih izolatora 30 kV u K6 kućicama Hvar i Stari Grad (»Elektrodalmacija« Split).

PROSINAC

A. Hidroelektrane

HE Kraljevac. 11. XII godišnji remont na agregatu III. Ovaj remont je bio planiran za ljetne mjesece, ali je bio odgođen.

B. Prijenosna postrojenja

3. XII Obavljen je remont DV Šibenik – Zadar.
23. XII Puknulo uže između 133 i 134 stupa na DV Matulji – Raša.

C. Postrojenja za razdiobu

Uslijed jakog zaleđivanja vodiča na području Gorskog Kotara nastalo je 20 kvarova na mreži 10 kV.

28. XII Prekid voda 30 kV iz Gradiške radi rušenja zaleđenih stabala na vod.
28.–31. XII DV 30 kV HE Gojak – Oštarije izvan pogona radi velikih naslaga leda na vodičima. Bilo je 9 prekida i lomova dvaju betonskih stupova.
28.–29. XII DV 30 kV Sisak – Međurić izvan pogona zbog kvarova uslijed zaleđivanja.
29. XII Slomljen betonski stup i prekinuta 2 vodiča na DV 30 kV Sunja.
30. XII Došlo je do prekida zemnog užeta kod mjesta Izačić.
31. XII Uslijed naročito jakog zaleđivanja vodiča na DV 35 kV Bihać – Lički Osik, došlo je do kidanja vodiča na 3 mjesta.

1961.

SIJEČANJ

A. Hidroelektrane

12. I Probio je namot faze T na G-1. Ovaj proboj je posljedica loše izolacije iz satne proizvodnje, koja je dugo odležala prije puštanja u pogon.

B. Prijenosna postrojenja

Transformatorske stanice

23. XII U TS Split izmijenjeni strujni transformatori u polju DV Split II od 200/5 na 400/51.
U TS Rakitje postavljena su nova obračunska brojila na 30 kV strani transformatora 110/30 kV.

Dalekovodi

2–5. I DV Vinodol – Senj bio je izvan pogona zbog zaleđivanja vodiča i jake bure.

C. Postrojenja za razdiobu

14. I Prekid vodiča na DV 30 kV Gojak – Tušmir (»Elektra« – Karlovac)
30. I Prekid vodiča na DV 30 kV Turnić – Martinščica, Matulji – Meja, Vinodol – Plase i na DV 10 kV Martinščica – Trnovica (»Elektroprimorje« – Rijeka).

VELJAČA

A. Hidroelektrana

HE Split. 7. II u HE Split, koja je u izgradnji, završena je montaža i drugog agregata snage 120 MVA, koji je sinhroniziran i pušten u probni pogon. Dovršetkom montaže i puštanjem u pogon drugog agregata završena je I etapa izgradnje HE Split, pa je sada raspoloživa snaga 216 MW.

B. Prijenosna postrojenja

Dalekovodi

6. II DV HE Split Mraclin 220 kV pokusno je stavljen pod napon. U trajan pogon sa 220 kV išao je 7. II u 10,02 pošto je uključen u TS Mraclin u 8,55, a u HE Split u 10,02.
14. II DV Resnik–Jajce u kvaru zbog zaleđivanja vodiča i jakog vjetra srušen 31 stup (13 km).

OŽUJAK

A. Prijenosna postrojenja

Dalekovodi

U toku mjeseca ožujka obavljen je remont na DV Varaždin – Kidričevo od 7. III – 13. III, a remont DV Rakitje – Jertovec počeo 27. III.

B. Postrojenja za razdiobu

15. III Eksplozija sklopke 30 kV i oštećenje transformatora 3430 kVA u TS Dujmovača (»Elektrodalmacija« – Split).
15. III Rušenje stupova i prekid vodiča na DV 30 kV Metković – Ploče i Dugi Rat – Priko (»Elektrodalmacija« – Split).

Iz Pogonskog odjela ZEPH

O povezanoj mreži u SSSR

Povezana mreža omogućuje bolje iskorišćenje vodnih snaga, smanjenje rezerve u strojevima, upotrebu većih strojeva i elektrana, ekonomsku podjelu opterećenja na elektrane u ovisnosti o cijeni i stepenu iskoristivosti, te izjednačenje opterećenja između područja različite klime i pomaknute dobi dana.

U *Archiv für Energiewirtschaft*, 1961, str. 148–162, L. R. Neimann iznosi principe velike povezane mreže gledano sa stanovišta SSSR. Za planiranje takove mreže treba razjasniti mnoge energetske i elektroprivredne probleme, kao i iskorištenje svih velikih izvora energije, određivanje težišta proizvodnje i potrošnje, te smjera, veličine i načina transporta energije i sl. U istočnim predjelima SSSR nalazi se 84 % rezerve iskoristivih vodnih snaga i 92 % zaliha goriva, dok se 75 % stanovništva nalazi oko Urala i u evropskom dijelu SSSR. Povezana mreža prenosit će električnu energiju s istoka na zapad. Već su toliko poznata mjesta, između kojih će se prenositi električna energija i potrebna snaga, da se može postaviti izvjestan broj zadataka za prijenos energije u okviru povezane mreže.

Termoelektrane na Donecu opskrbit će električnom energijom sjeverni Kavkaz i istočnoevropske zemlje, te Moskvu, koja se osim toga opskrbljuje i iz hidroelektrana na Volgi i donjem Obu. Južno područje Urala ima vrlo bogata rudna nalazišta, a skoro uopće nema goriva. Stoga se na Ural energija može dovesti iz područja Volge kao ulje i zemni plin ili iz srednje Sibirije kao ugljen ili električna energija. Ulje i zemni plin predviđeni su za upotrebu u evropskom dijelu SSSR. S ekonomskog stanovišta treba dati prednost prijenosu električne energije pred transportom ugljena.

Dužina prijenosnih vodova kreće se uglavnom između 500 i 1800 km, a snage između 700 i 3000 MW. Za povezivanje srednje Sibirije i Urala predviđa se, da će se u budućnosti prenositi snaga od 12000 MW.

U svijetu se i dalje nastavlja unapređenje prijenosa trofaznom strujom. Poteškoće nastaju kod velikih prijenosa trofaznom strujom, ali treba nastaviti proučavanja za povećanje prijenosa trofaznom strujom, a najvažniji je problem stabilnosti.

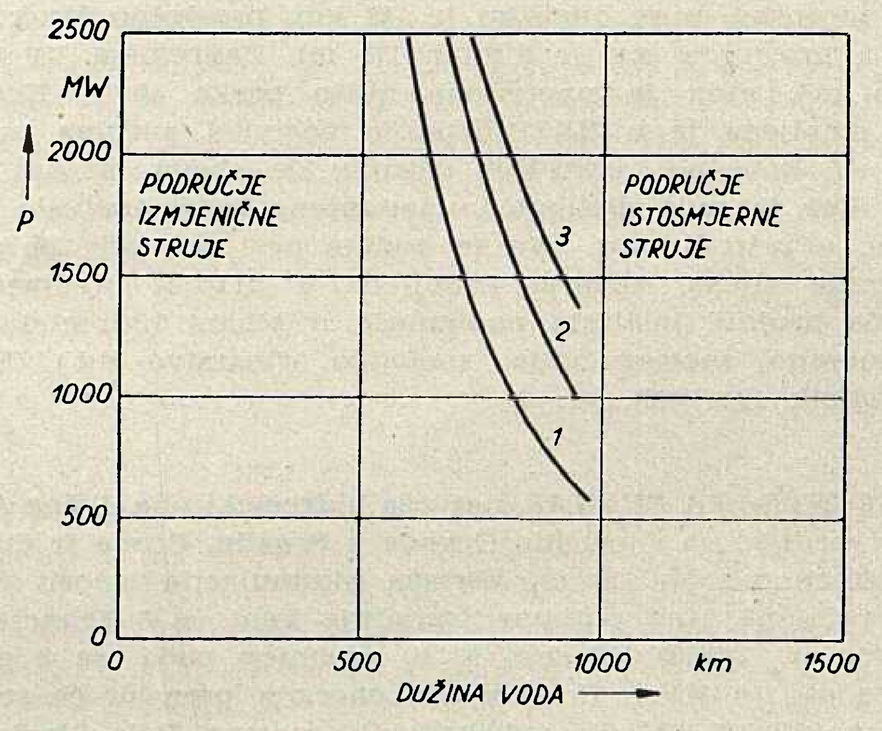
Postavljeni zadaci moći će se ekonomičnije rješavati prijenosom istosmjernom strujom. Kako otpada problem stabilnosti, moći će se prenositi jednim vodom vrlo velike snage, do 4000 MW. Iznosi se mišljenje, da je pogonska sigurnost jednog voda istosmjerne struje jednaka vodu trofazne struje sa dvije trojke, jer vod istosmjerne struje može privremeno koristiti zemlju kao povratni vod, ako ispadne jedan vodič.

U priloženom dijagramu dane su granične krivulje za područje upotrebe prijenosa istosmjernom i izmjeničnom strujom. Iz toga se vidi kolika je važnost za SSSR skoro rješenje prijenosa istosmjernom strujom visokog napona. Predviđeno je, da veliku povezanu mrežu čine vodovi istosmjerne struje napona ± 600 do ± 700 kV, koji će se izgraditi od Dalekog istoka do zapada i od sjevera do južnih granica. Na ovaj kostur priključit će se razgranata mreža trofazne struje napona oko 700 kV.

Značenje prijenosa električne energije na potezu između srednje Sibirije i Urala dokazuje se interesantnim brojčanim vrijednostima. Ako bi se mjesto transporta ugljena iz bazena Kuzneca prenosila električna energija trofaznom strujom napona 700 kV, troškovi postrojenja i voda amortizirali bi se u roku od 2 do 3 godine. Ako se odabere visokonaponski prijenos istosmjernom strujom napona ± 600 kV, može se na troškovima postrojenja uštedjeti oko 400 rubalja po kilovatu, a na troškovima pogona i uzdržavanja oko 1,5 kopejke po kilovatsatu. Kod ukupne snage između 8 000 i 10.000 MW i vremena upotrebe od 7.000 sati godišnje uštede kapitala kreću se od 3 do 4 milijarde rubalja, a uštede na troškovima pogona i uzdržavanja iznose oko 1 milijardu rubalja godišnje.

Prije primjene visokonaponskog prijenosa istosmjernom strujom treba riješiti tehnička pitanja, kao što su izolacija, prenaponi, korona i pogonski sigurni mutatori za struje od 2000 do 2500 A i za napone do 200 kV, gradnja otcjepa istosmjerne struje i visokoučinskih ventila na bazi poluvodiča.

Statistički podaci pokazuju, da su od odlučujućeg značaja smetnje koje nastaju na ventilima mutatora, jer u svakoj visokonaponskoj stanici istosmjerne struje ima mnogo mutatorskih posuda. Kao rješenje preporuča se spoj u grupe,



Granice područja primjene prijenosa istosmjernom i izmjeničnom strujom; *1* – vod bez otcjepa; *2* – vod sa jednim otcjepom 500 MW u sredini; *3* – vod sa dva otcjepa po 500 MW na $^1/_3$ i $^2/_3$ dužine voda

tj. spajanje ventila paralelno i u seriju. Prikazane su dvije različite izvedbe spoja u grupi od 6 posuda, po tri u seriji i po dvije paralelno. Pošto se pokazao ovakav spoj u grupi uspješan u pokusnom postrojenju Kašira–Moskva, predviđa se upotreba mutatorskog mosta u ovom obliku i u prijenosu Staljingrad-Donbas, zbog stjecanja daljnjih iskustava. Da se kod ovoga spoja kvar na ventilu ne odrazi na normalni pogon, moraju kod proboja jednog ventila ostali ventili, koji su s ovim serijski spojeni, kratko vrijeme preuzeti ukupni napon, a kod ispada paljenja paralelni ventili moraju kratko vrijeme preuzeti ukupnu struju. Ovaj spoj u grupi treba omogućiti odgovarajuće povećanje snage mosta, koje će biti potrebno u budućnosti za velike prijenosne snage, kakove se očekuju. Ukazuje se na mogućnost povećanja stabilnosti trofaznog prijenosa, ako se paralelno spoji visokonaponski vod istosmjerne struje i ako se regulacijom rešetke privremeno prebaci na ovaj veći dio prijenosne snage. Ovo je ispitano na modelu mreže, koji je ukratko opisan i dana je shema spoja.

Velika povezana mreža SSSR smatra se osnovom za potpunu elektrifikaciju zemlje, koja će omogućiti dobavu jeftine električne energije za industriju, poljoprivredu, saobraćaj i kućanstvo. U budućnosti električna energija u kućanstvu će potpuno istisnuti kruta i tekuća goriva, te plin. U tu svrhu treba izgraditi distributivnu mrežu. Mreža napona počevši od 22 kV bilo je 1957. oko 12 km na 1000 km², a do 1975. treba to 11 puta povećati.

f.

NAJVEĆA TERMOELEKTRANA EVROPE gradi se u mjestu Konakovo sjeverno od Moskve. Imat će turbogeneratore 2 × 800 MW i kotlove po 2400 t/h pare, koji su po snazi jedinstveni u svijetu. Gorivo je zemni plin; potreba 4 milijarde m³ na godinu. Građenje će primjenom montažnih metoda trajati samo 29 mjeseci. Prvi turbogenerator ide u pogon 1963. (Energietechnik 12 (1962), br. 3).

MUNMORAH, NAJVEĆA TERMOELEKTRANA JUŽNE POLUTKE, gradi se u Australiji. Imat će u prvoj etapi 2 bloka po 350 MW; snaga se može povećati dodavanjem daljnja 2 ili 4 bloka iste veličine. Učin kotlova je 1100 t/h pare kod 170 atp i 568° C. Troškovi za prve dvije jedinice iznosit će oko 14 milijuna £ (oko 30 milijarda dinara). (Energie 14 (1962) br. 3).

BRATSKO MORE. Umjetna akumulacija na rijeci Angari u Sibiriji u blizini Bajkalskog jezera, površine 5300 km², dugačka 650 km, prosječno široka 25 km, najveće dubine 100 m (Jadransko more dugačko je 783 km, prosječno široko 248 km, a prosječna mu je dubina 173 m). Zapremina 180 milijarda m³; sada je napunjeno nešto preko 10 %. Krajem 1961. stavljena je u HE Bratsko u pogon 4. turbina po 225 MW. U konačnoj izgradnji ukupna će snaga iznositi 4500 MW. Već je sada djelomično napunjeno more izazvalo promjene u prirodi, npr. ove se godine prvi put nije potpuno smrznula rijeka Angara. Promjene u prirodi predmet su studija brojnih instituta podignutih u blizini hidroelektrane (hidrologija, meteorologija, zoologija, ribarstvo itd.) (Energietechnik 12 (1962), br. 3).

ELEKTRANA FURNAS, najveća hidroelektrana Južne Amerike, gradi se na rijeci Rio Grande u Brazilu. Brana je dugačka 600 m, visoka 120 m, korisna akumulacija iznosit će 14 milijarda m³. Kod potpune izgradnje imat će 8 Francisovih turbina po 223 000 KS kod 99 m srednjeg pada, sa 8 generatora po 160 MVA. Proizvedena energija prenosit će se naponom od 345 kV do industrijskih centara Belo Horizonte i Sao Paulo. Četiri generatora vanjskog promjera 13,5 m, težine 770 tona, u gradnji su od 1959. To su do sada najveći u Evropi građeni generatori. Noseći ležaj nosi 1020 tona. Broj okretaja je 150 o/min; stroj može izdržati povećanje slobodne brzine do 282 o/min. (Elektrizitätswirtschaft 61 (1962), br. 6).

POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE U KUĆANSTVIMA U RUMUNJSKOJ

Relativni porast

1938. — 100 % 1950. — 100 %
1960. — 1031 % 1960. — 439 %

Apsolutni porast

1955. — 195 GWh
1960. — 433 GWh

(ÖZE 15 (1962), br. 4)

SKLOPKA ZA 420 kV I RASKLOPNU SNAGU 20 GVA stavljena je nedavno u pogon u povezanoj mreži Savezne Republike Njemačke. Građena u tvornici AEG to je na svijetu najveća sklopka svoje vrsti, ugrađena u opskrbnu mrežu. Njena sposobnost, da može isklopiti vršnu snagu svih elektrana u Njemačkoj, daje predodžbu veličine njenog učina. (Elektrizitätsverwertung 37 (1962), br. 3—4).

ELEKTROSRBIJA — PROIZVODNI PLAN

Proizvod	1960. t/god.	1965. t/god.	Povećanje %
Transformatori	800	1183	48
Toplinski aparati za kućanstvo	607	2261	274
Električna oprema	820	3560	333
Čelične konstrukcije	3577	6810	90

Nova tvornica, koja će biti dovršena 1965, imat će slijedeće proizvodne mogućnosti:

Proizvod	tona/god.
Transformatori iznad 4 MVA	3000
Sklopke i rastavljači 110—220 kV	200
Električni izolacioni materijal	510
Niskonaponska oprema	706

(Elektrosrbija 1961, r. 9—10)

IZDACI ZA NUKLEARNA ISTRAŽIVANJA U ŠVICARSKOJ. Prema podacima Švicarskog udruženja za nuklearnu energiju potrošena su iz saveznog švicarskog budžeta za nuklearna istraživanja i upotrebu nuklearne energije u mirnodopske svrhe, slijedeći iznosi u švicarskim francima (1 šv. franak = ~ 200 dinara):

Godina	Izdatak
1946—1960.	122 milijuna
1961.	37 milijuna
1962. (proračun)	45 milijuna

Pored toga potrošeni su izvjesni iznosi u pojedinim kantonima za istraživanja na njihovim visokim školama.

(Atomenergie 7 (1962), broj 3)

V. D.

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE OŽUJAK I TRAVANJ 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjcna			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5. 1961.	58448	15824	1499	15054	175	75	60122	30953	57128	59239	— 7484	199958
6. 1961.	46121	14002	1251	16799	173	72	47545	30873	75602	47506	— 4420	197106
7. 1961.	57453	28403	857	14120	173	—	58483	42523	80076	20306	— 2881	198507
8. 1961.	72029	31357	442	17061	163	—	72634	48418	78747	— 2367	— 139	197571
9. 1961.	78132	39827	244	19676	109	—	78485	59503	66923	— 2444	— 1507	200960
10. 1961.	102605	31949	740	22180	133	—	103478	54129	69343	— 5730	— 3351	217869
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	48720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150575	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44413	23802	— 8265	249459
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
3. 1962.	243194	11750	1860	16015	—	—	245054	27765	—12797	4485	— 7043	257464
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	—	—	223334	18421	—14215	1524	— 2526	226538
Ukupno 1—4. 1962.	788132	49532	7475	60920	36	—	795643	110452	30123	44530	— 18250	962498

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece ožujak i travanj 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Ožujak	Travanj
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	21603	13854	62850	265,0	464,0	138,1	37,0	24,5	—	—
		Gojak	48,0	27009	33857	97215	361,0	299,0	161,0	75,0	98,0	—	—
		Ozalj	5,1	2654	3145	11092	160,5	161,6	142,3	59,4	68,4	—	—
		Kraljevac	67,0	29167	23677	67009	91,2	85,7	43,9	58,5	48,0	—	—
		Peruća	42,0	2375	19792	36319	26,7	353,0	57,7	8,0	65,6	—	—
		Split	108,0	139126	105538	426300	—	—	—	. . .	. . .	—	—
		Manojlovac	20,5	14996	14864	54292	176,3	179,7	136,1	97,0	86,0	—	—
		Jaruga	5,5	4008	3903	15366	119,4	139,0	110,4	98,0	97,0	—	—
	TE	Zagreb	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	11049	4389	47618	65,2	29,5	74,1	37,3	15,3	4053	4016
		Vlaška	8,0	252	—	252	—	—	12,8	4,8	—	5229	—
		Rijeka	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1562	1376	5725	106,8	96,9	100,0	12,7	11,0	. . .	. . .
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	380	—	—	49,7	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	2033	1823	7973	100,5	101,4	103,0	45,5	42,2	. . .	. . .
		Željezara, Sisak	5,5	3440	3341	13493	130,7	97,5	114,3	84,0	84,3	. . .	. . .

[1] Indeks u ovoj tablici, kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na god. 1961 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece ožujak i travanj 1962.

Elementi energetske bilance	Ožujak		Travanj		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Ožujak	Travanj	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	254944	83,3	225893	83,4	837664	74,5	288,0	293,0	184,3
Proizvodnja industrijskih elektrana	17875	5,8	15862	5,9	68395	6,1	105,6	101,3	99,2
Proizvodnja lokalnih elektrana	—	—	—	—	36	0,0	—	—	2,2
Ukupna proizvodnja na generatoru	272819	89,1	241755	89,3	906095	80,6	258,0	259,7	172,5
Nabava el. en. od susjed. zajednica	33427	10,9	28977	10,7	217884	19,4	26,2	22,3	52,0
Nabava el. en. iz inozemstva	16	0,0	—	—	17	0,0	—	—	—
Ukupno raspoloživa električna energija	306262	100,0	270732	100,0	1123996	100,0	131,3	121,4	119,1
Vlast. potr. elektrana u sistemu	3727	1,2	2296	0,9	13065	1,2	125,0	80,6	120,2
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1788	0,6	1586	0,6	6844	0,6	104,1	99,0	96,8
Ukupno raspolož. na pragu elek.	300747	98,2	266850	98,5	1104087	98,2	131,5	122,1	119,3
(Dobava industr. elektrana sistema)	(741)	(0,2)	(599)	(0,2)	(2738)	(0,2)	(66,6)	(90,1)	(87,8)
(Prag elektrana u sistemu)	(285401)	(93,2)	(253173)	(93,7)	(1045238)	(93,0)	(133,2)	(123,7)	(120,8)
Gubici prijenosa u sistemu	17444	5,7	14193	5,3	47385	4,2	143,4	124,5	103,8
Gubici razrade u sistemu	28310	9,2	12254	4,5	73459	6,5	141,1	96,4	123,1
Gubici razrada lokalnih elektrana	—	—	—	—	4	0,0	—	—	2,4
Ukupna predaja el. en. potrošačima	254993	83,3	240403	88,7	983239	87,5	129,8	123,7	119,9
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	41739	13,7	41668	15,4	143232	12,8	310,2	242,5	188,0
Predano inozemstvu	7059	2,3	2526	0,9	18267	1,5	73,9	29,9	53,3
Industrijska vlastita opskrba	15347	5,0	13677	5,0	58818	5,3	108,8	101,8	99,9
Lokalna opskrba	—	—	—	—	28	0,0	—	—	2,1
Potrošači u sistemu	190848	62,3	182532	67,4	762894	67,9	120,0	118,0	117,3
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % — Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 % — Kućanstva (domaćinstva)	43921	23,0	44881	24,6	184298	24,2	134,4	131,7	126,4
Rasvjeta poslov. prostorija	7850	4,1	6917	3,8	32770	4,3	136,3	141,0	127,3
Rasvjeta društv. prostorija	1724	0,9	1542	0,8	7083	0,9	133,0	141,9	121,8
Motori i aparati	7498	3,9	7549	4,1	31459	4,1	122,1	120,0	119,0
Poljoprivredni motori	590	0,3	648	0,4	2540	0,3	87,6	92,7	88,3
Javna rasvjeta	3176	1,7	2859	1,6	13361	1,8	119,0	115.7	117,7
Preprodavaoci	1128	0,6	925	0,5	4709	0,6	104,6	92,1	92,4
Ukupna potrošnja na malo	65887	34,5	65321	35,8	276220	36,2	131,0	129,2	123,8
Vodovod	4237	2,2	4222	2,3	17087	2,3	101,0	104,8	109,1
Gradska električna vuča	2215	1,1	1921	1,0	8465	1,1	123,2	112,5	118,2
Ukupna komunalna velepotrošnja	6452	3,3	6143	3,3	25552	3,4	107,6	107,0	111,8
Ugljenokopi	7264	3,8	7030	3,9	28166	3,7	113,1	114,3	104,1
Tvornice cementa	8569	4,5	8666	4,7	33417	4,4	93,6	107,7	102,7
Ostala opća velepotrošnja	50909	26,7	44565	24,4	194125	25,4	117,3	113,9	116,1
kod elektrokemije	(1255)	(0,7)	(1245)	(0,7)	(4912)	(0,6)	(112,2)	(120,6)	(112,2)
kod elektrometalurgije	(1978)	(1,0)	(1843)	(1,0)	(7609)	(1,0)	(110,2)	(107,0)	(107,5)
kod ostalih	(47676)	(25,0)	(41477)	(22,7)	(181604)	(23 8)	(118,0)	(113,8)	(116,4)
Ukupno ostale velepotrošnje	66742	35,0	60261	33,0	255708	33,5	113,3	113,0	112,5
Karbid	13693	7,2	13984	7,6	54415	7,1	103,9	107,1	106,7
Aluminij	15949	8,4	15669	8,6	61777	8,1	117,5	117,5	120,0
Ostala elektrokemija	3515	1,7	3476	1,9	13537	1,8	97,5	98,3	97,1
(Ukupno elektrokemija)	(33157)	(17,3)	(33129)	(18,1)	(129729)	(17,0)	(109,2)	(110,6)	(111,4)
Ferolegure el. metalurgije	12109	6,4	10678	5,9	51300	6,7	181,4	122,2	142,6
Elektrotoplina	2736	1,5	2782	1,5	10849	1,4	88,2	81,9	86,5
Željeznička električ. vuča	3237	1,7	3205	1,8	11593	1,5	90,5	97,9	98,3
Melioracije	528	0,3	1013	0,6	1943	0,3	826,0	1134,0	340,0
Ukupna specijalna velepotrošnja	51767	27,2	50807	27,9	205414	26,9	118,2	112,3	115,6

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1962.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	3. 1962.	898	692	206	243	12	120	73	108	95	138	21	29	4	54	1
	4. 1962.	824	713	111	221	5	153	57	158	40	128	4	23	4	30	1
Indeks na bazi	3. 1961.	121	152	71	344	66	106	88	77	84	198	29	117	1106	153	64
	4. 1961.	122	165	46	359	31	185	66	92	53	188	7	136	63	96	147

Proizvodnja ugljena za mjesece ožujak i travanj 1962.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

Vrste ugljena — Područje — Poduzeće		Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Ožujak	Travanj	Od početka godine	Ožujak	Travanj	Od početka godine
a		1	2	3	4	5	6
Kameni — Istarski ugljenokopi Raša		68790	66530	269260	98,9	95,0	102,1
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	6384	5771	23607	107,0	91,2	98,9
	Rudnik Pregrada	6019	5280	21690	119,9	105,7	112,2
	Ostali	4710	4489	17327	108,0	100,3	102,1
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	14342	14884	58214	98,3	97,6	93,6
	Dalmacija: Rudnik Siverić	10660	8041	39229	100,2	79,1	99,9
	Ostali	730	526	2471	115,9	72,1	103,4
	Ostala područja	3319	2289	12942	70,6	56,8	77,0
	Ukupno mrki	46164	41280	175479	100,5	89,8	97,1
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-ladanjski ugljen.	33179	30152	127406	93,1	99,9	96,1
	Konjščinski ugljenokopi	8692	—	52264	31,1	—	48,8
	Zagorski rudnici*	15424	19442	34846	—	—	—
	Stubički ugljenokopi	10168	10330	41983	82,5	86,8	83,7
	Ostali	2323	1800	8731	116,2	92,8	102,2
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	7869	6660	30824	94,3	91,9	86,3
	Križevački ugljenokopi	2613	2284	10637	65,7	67,1	66,7
	Ostali	6933	5278	26453	93,5	76.8	87,7
	Ostala područja	802	927	3482	100,0	72,8	87,2
	Ukupno lignit	88003	76853	336626	89,4	86,2	87,6
Ukupno sve vrste ugljena		202957	184663	781365	94,9	89,7	94,3

* Izdvojeni pogoni N. Maretić i G. Konjščina iz Konjščinskih ugljenokopa

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1962.

Pokazatelj	Mjesee	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	3. 1962.	2060	107	821	1132	579	203	427	825	0,8	24,8	95	1,6
	4. 1962.	1888	98	727	1063	526	185	393	760	0,8	23,8	88	1,4
Indeks na bazi	3. 1961.	97	93	97	98	97	95	100	97	100	89	100	100
	4. 1961.	96	86	91	100	101	90	98	92	114	101	99	93

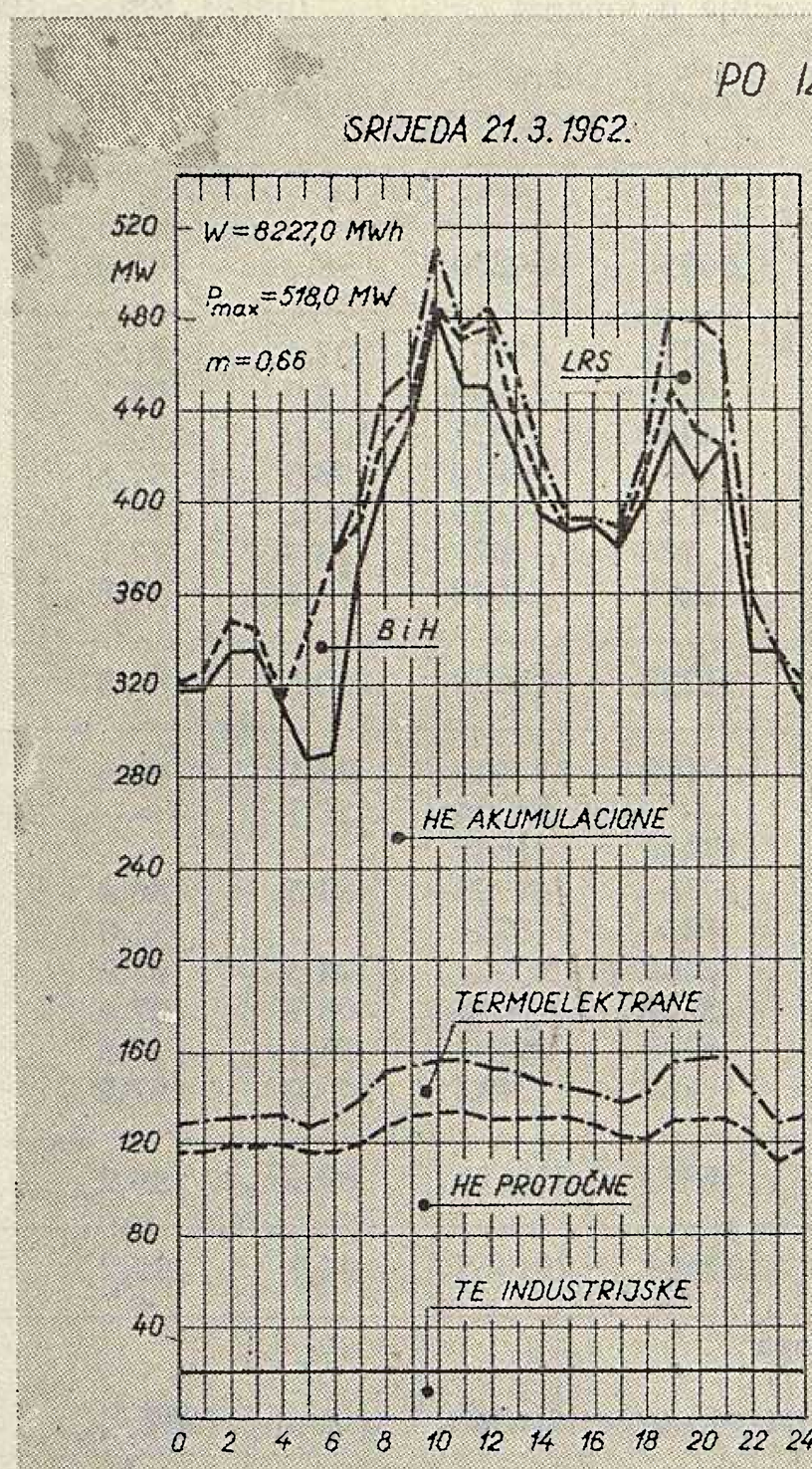
Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1962.

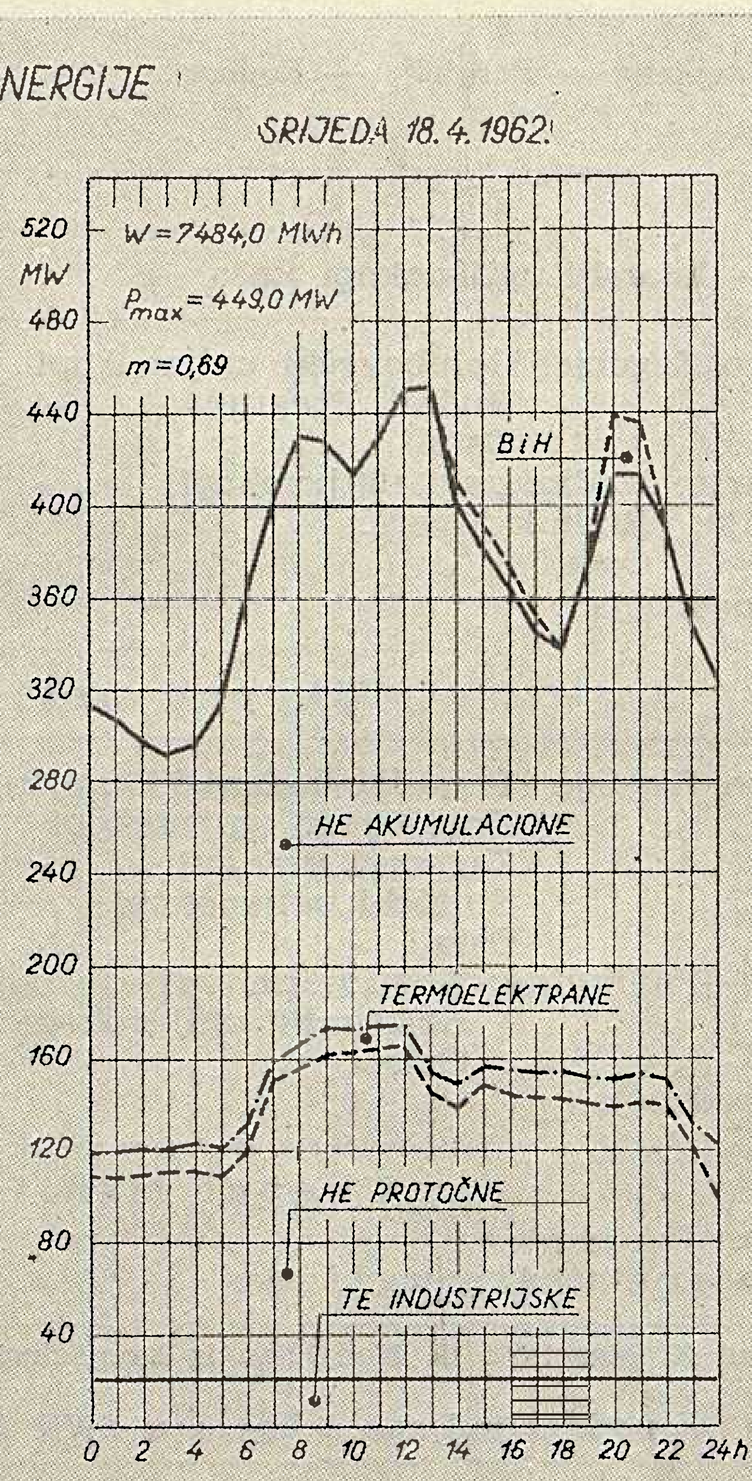
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m^3	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	3. 1962.	127744	7669	139228	27860	954	3571	44530	6366	339
	4. 1962.	113475	6990	124462	24336	608	5538	39955	12015	282
Indeks na bazi	3. 1961.	118	136	115	97	95	95	124	107	85
	4. 1961.	97	135	105	105	107	133	119	222	87

Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece ožujak i travanj 1962.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
3. 1961.	103	105	100	107	103	93	99	106	104	101
4. 1961.	99	98	99	102	99	102	92	103	101	94
3. 1962.	106	103	109	106	104	108	123	106	104	108
4. 1962.	100	97	104	99	100	107	111	97	100	102

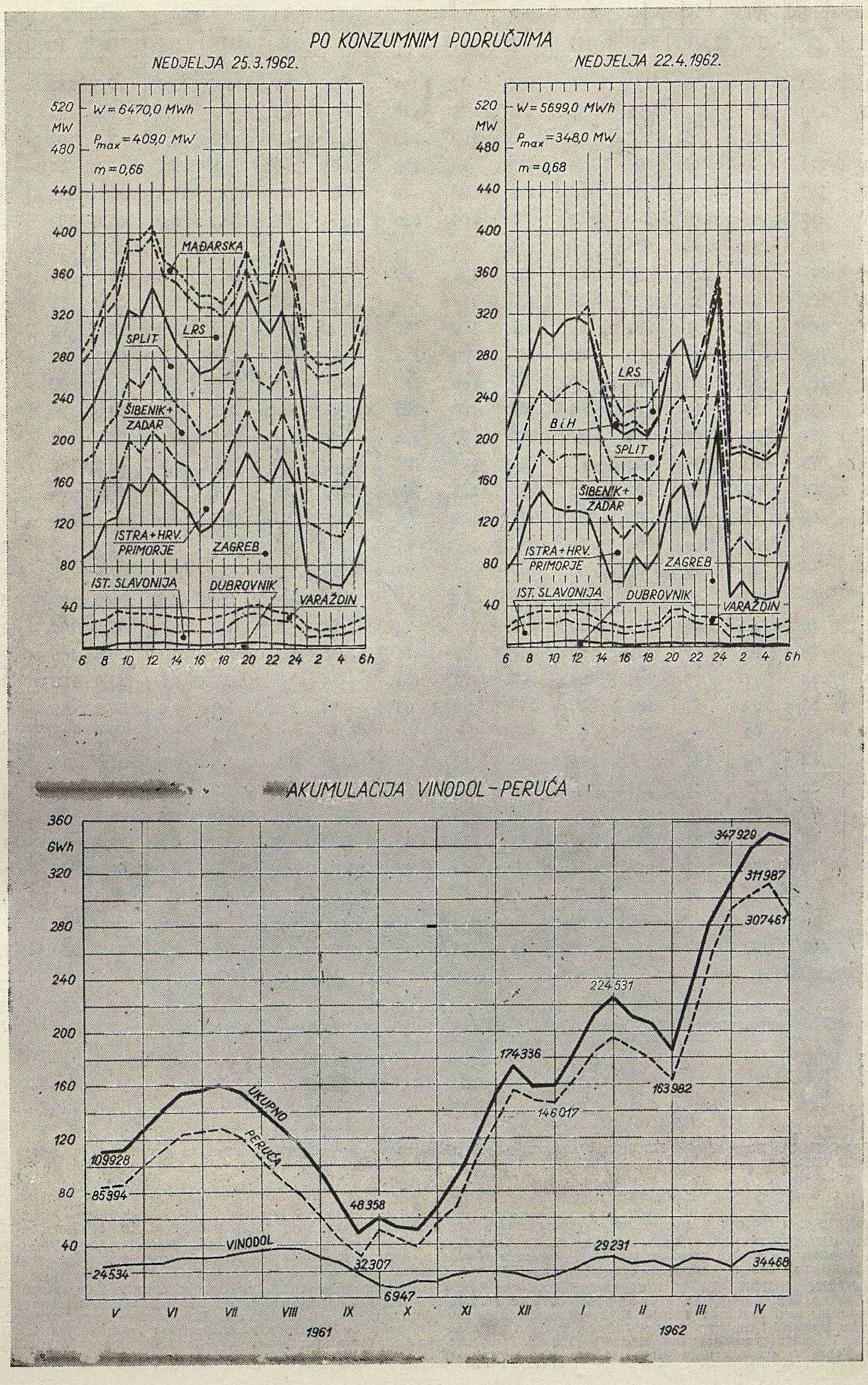
PO IZVORIMA ENERGIJE





PO KONZUMNIM PODRUČJIMA

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 25. 3. i 22. 4. 1962.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUČA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece ožujak i travnj 1962. u m^3/s

Datum	Cetina				Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežnica-Dobra		Kupa	
	Peruća	Split	Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	IV	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
1	128	177	18	161	37	104	77	158	1,5	7,7	1,6	10,0	7,5	230	1,8	pr.*
2	150	285	16	198	39	103	96	150	4,0	3,4	6,3	5,0	8,5	152	1,6	,,
3	92	168	15	195	39	100	100	142	2,2	2,0	2,2	2,6	7,1	87	1,7	,,
4	113	170	12	177	36	87	96	132	57,0	3,0	73,0	5,2	28,0	70,5	2,0	,,
5	181	119	30	256	34	118	90	146	63,0	7,4	138,5	10,0	138,0	133	pr.	,,
6	217	192	118	376	68	145	104	186	71,3	5,0	138,5	5,9	165,8	158	,,	,,
7	188	219	112	403	88	144	121	180	17,8	2,0	4,7	1,9	42,5	93,8	,,	58
8	145	198	118	427	88	120	121	180	9,6	3,0	18,7	2,2	79,9	80	3,9	58
9	135	167	59	303	74	100	118	154	4,4	2,7	4,9	2,3	58,0	71	pr.	58
10	109	162	51	264	64	87	100	146	7,0	2,5	8,7	2,8	53,5	95	,,	58
11	104	168	53	166	60	87	100	135	18,9	2,9	20,8	1,3	63,1	97	,,	pr.
12	100	158	135	203	96	78	166	132	20,0	1,9	27,5	2,0	96,8	92	,,	,,
13	96	159	146	180	101	67	182	125	13,0	2,0	18,7	4,0	84,6	120,5	,,	,,
14	91	159	109	154	97	63	170	118	7,0	2,0	12,5	4,1	61,0	142	,,	,,
15	75	143	89	148	82	61	146	107	2,0	2,0	61,8	3,7	48,2	105	4,3	,,
16	74	143	53	109	66	54	128	104	3,1	2,3	5,1	5,6	47,2	96	4,5	,,
17	62	140	24	97	37	54	114	90	2,2	2,2	3,2	4,0	45,2	116	4,0	,,
18	58	134	69	59	35	52	100	87	2,2	2,4	2,8	3,5	43,0	101	4,0	,,
19	60	110	77	61	32	49	90	84	2,3	2,2	3,2	3,2	41,5	97,5	3,6	58
20	69	107	46	69	32	49	84	77	0,2	1,9	2,0	2,5	38,6	98,5	3,2	58
21	76	100	44	142	32	48	77	74	1,0	1,8	1,0	2,1	39,6	109	2,6	58
22	83	96	51	143	39	48	47	71	2,0	1,3	2,1	1,8	36,0	119	2,6	pr.
23	83	77	47	164	39	48	74	64	—	0,8	0,8	1,5	33,0	123	2,6	64
24	88	89	57	184	46	48	80	65	—	1,2	1,8	1,2	28,5	99	2,4	64
25	88	96	180	170	94	46	150	59	6,0	0,7	10,5	1,2	30,5	111	2,0	62
26	82	82	194	157	96	36	210	56	1,0	0,5	1,6	0,9	22,0	75	2,0	pr.
27	80	75	121	133	82	39	186	50	1,2	0,6	1,5	1,0	16,1	68	2,0	,,
28	75	75	114	93	89	39	186	53	3,2	0,3	4,8	0,4	21,5	70	3,0	,,
29	70	75	94	88	89	37	186	52	4,1	0,3	5,4	0,3	30,4	59	4,2	64
30	70	75	81	65	74	32	174	52	23,1	0,4	28,5	0,6	61,5	48	pr.	50
31			70		84		154		78,0		14,0		227,0		,,	
Mjesečni prosjek	101	137	77	178	64	71	124	108	13,8	2,3	20,2	3,1	55,0	103,9	1,9	24

Specifična radna sposobnost	kWh/m^3	$MW/m^3/s$	Specifična radna sposobnost	kWh/m^3	$MW/m^3/s$
HE Split	0,576	2,074	HE Manojlovac	0,245	0,882
HE Kraljevac	0,252	0,907	HE Vinodol	1,510	5,436
HE Peruća	0,0945	0,340	HE Gojak	0,272	0,979

NAPOMENA: Zbog ulaska HE Split u redovni pogon iskazivat će se počevši od mjeseca travnja protoci kod HE Peruća, HE Split i HE Kraljevac

* pr. = preljev

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović.* Urednici *rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Miroslav *Balling,* ing. Zdenko *Sakar* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Feöcze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: *Ernest Radetić.*

GOD. 11 (1962) energija BROJ 7 — 8

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA
HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

TERMOELEKTRANA — TOPLANA ZAGREB

Borivoj Baranović, Zagreb

Izgrađena je termoelektrana kombinirana s toplanom u centru električkog i toplinskog konzuma, sa svrhom davanja sezonske i vršne električne energije u elektroprivredni sistem te odušne topline u parnu i toplovodnu mrežu. Snaga turboagregata je 2 × 36 MW, s kondenzacionim dijelom dimenzioniranim za punu snagu i odgovarajućim oduzimanjima za toplinske mreže. Kotlovi su za 160/175 t/h na ugljenu prašinu odn. 170/180 t/h s dodavanjem zemnog plina. Raspoloživi toplinski kapacitet za direktno snabdijevanje parne mreže je 80 Gcal/h, a za toplovodnu mrežu 66 Gcal/h. Projektna koncepcija usmjerena je na veliku sigurnost toplinskog dijela postrojenja radi toplinskog konzuma, dok je električni dio projektiran kao kondenzaciona elektrana s 2 agregata u blokovskom spoju. Podjelom investicija čitavog postrojenja na obje njegove funkcije, dobivaju se veoma niske specifične investicije za instalirani kW a prodaja odušne topline daje niski specifični potrošak topline po kWh. Prema tome će cijene električnoj i toplinskoj energiji biti niže nego kod drugih načina proizvodnje.

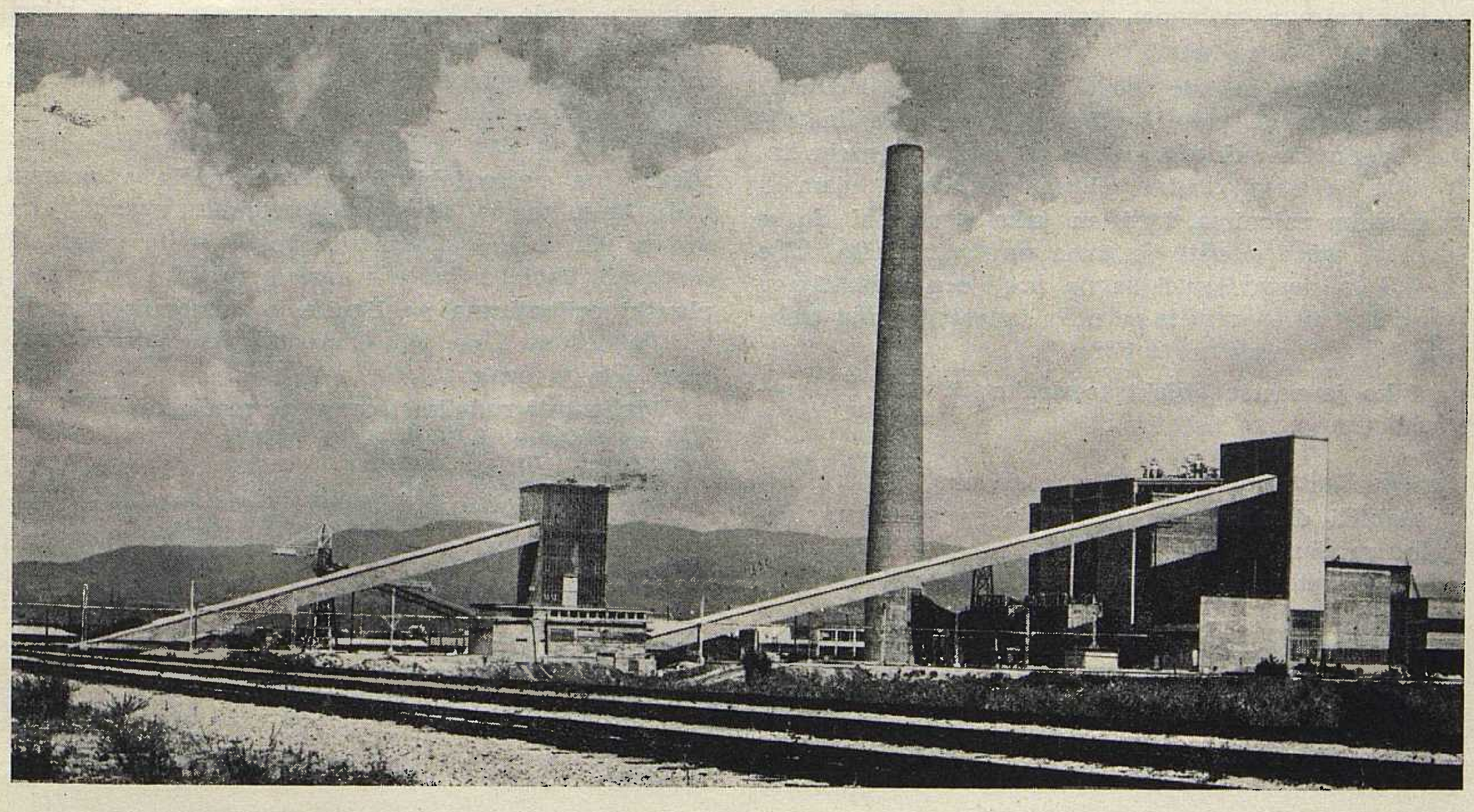
DK 621.311.22

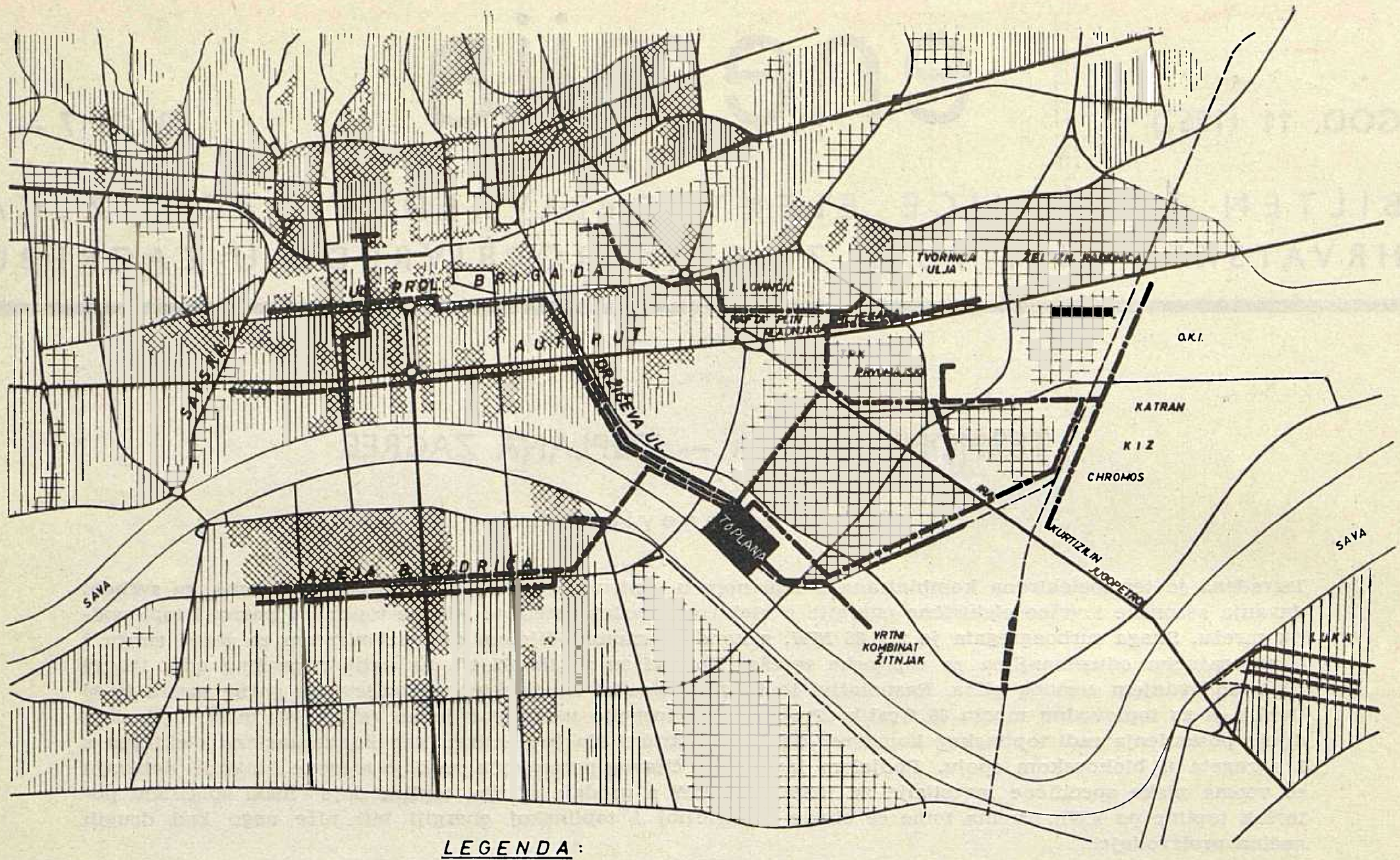
UVOD

Uslovi koji su utjecali na odluku o izgradnji Termoelektrane — Toplane Zagreb bili su: potreba povećanja raspoloživih kapaciteta termoelektrana u elektroenergetskom sistemu i težnja da se i kod nas pristupi primjeni onih prednosti koje pružaju toplane.

Za vršne i za sezonske termoelektrane, koje imaju mali broj sati iskorištenja instalirane snage, osnovno je da investicioni troškovi budu što manji, dok troškovi goriva manje utječu na ukupne proizvodne troškove. To znači da se mogu ekonomski podnijeti i troškovi prijevoza goriva, tj. ovakova se elektrana može smjestiti u centru konzuma. Ovime se međutim omogućava da se elektrana kombinira s toplanom — i time dobije mnogo bolje iskorištenje goriva, korist čega premašuje znatno prijevozne troškove, a uštede̊uju se troškovi prijenosa električne energije do kon-

Sl. 1. Pogled na Termoelektranu-Toplanu Zagreb





LEGENDA:

- Industrijska parna mreža
- Ogrjevna toplovodna mreža
- Ustanove, trgovački centri
- Industrijsko područje
- Stambeno područje

Sl. 2. Urbanistički plan s trasama toplinskih mreža

zuma. Investicioni troškovi koji terete instalirani kW u ovakvom kombiniranom objektu niži su nego kod obične termoelektrane. Smještaj dopunske i vršne elektrane u centru konzuma ima i prednost da ona može preuzeti funkciju prve rezerve za najbliži konzum, u slučaju kvarova u sistemu — pogotovo ako se kombinira s toplanom, koja radi toplinskog konzuma ima stalan pogon.

U Zagrebu postoje povoljni uslovi za lociranje toplane za dvije vrste toplinskog kozuma: industrijski i ogrjevni. Južno i istočno od starog Zagreba izgrađuje se novi grad s velikim javnim zgradama i stambenim rajonima, koji su tako grupirani da se povoljno može riješiti ogrjevna mreža, a nešto dalje istočno — nastavljajući se na postojeću industrijsku koncentraciju — razvija se nova industrija koja treba tehnološku i ogrjevnu toplinu.

Tako je nastao objekt trostruke ili čak četverostruke energetske namjene:

dopunska sezonska i vršna elektrana,

najbliži direktni izvor energije za gradsku električnu mrežu,

izvor topline za ogrjevnu mrežu za grijanje prostorija,

izvor topline za mrežu za snabdijevanje različitih industrija.

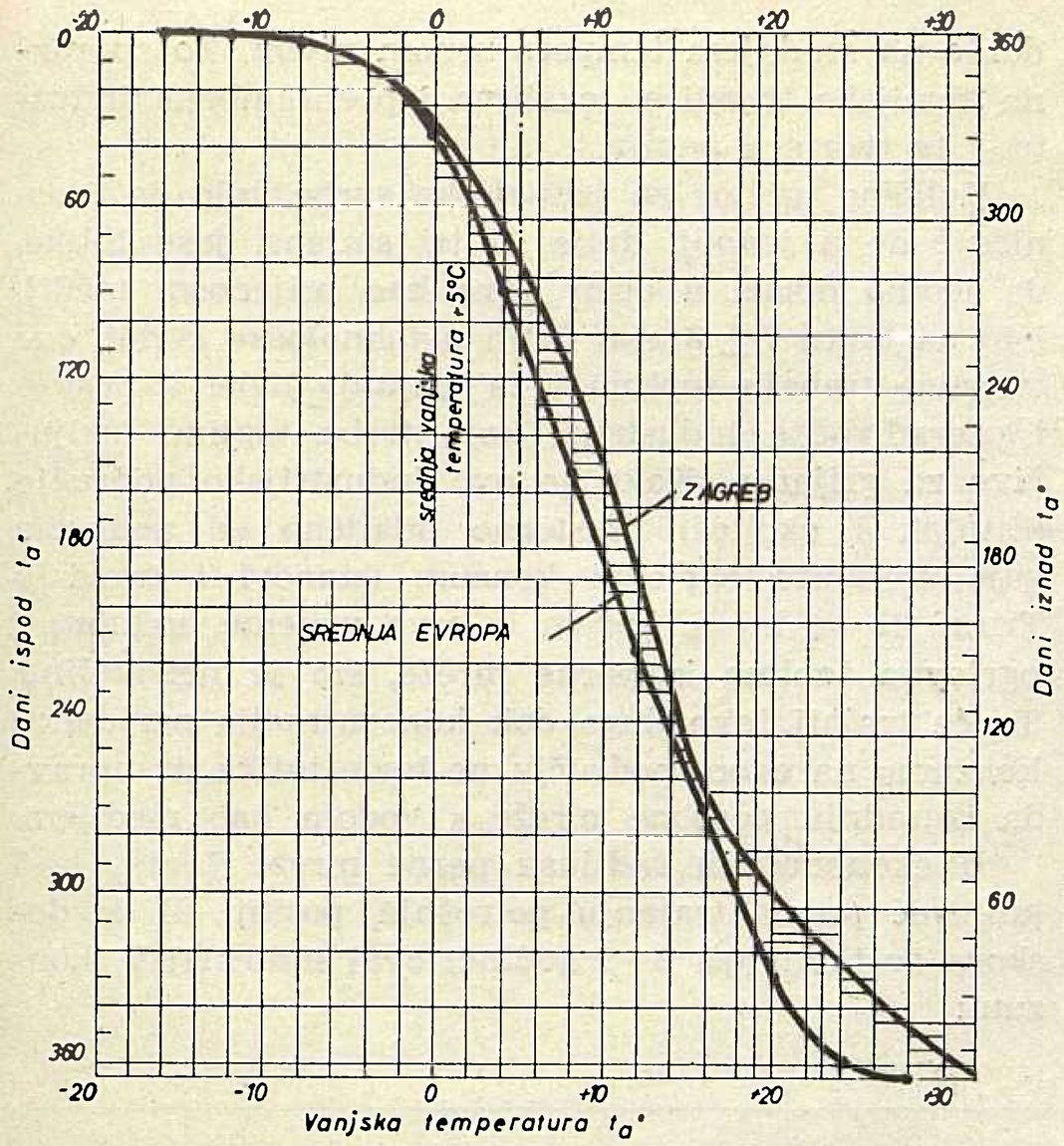
Termoelektrana — Toplana Zagreb (za razliku od stare Termoelektrane Zagreb) ima postrojenja normalne kondenzacione elektrane, s dodatkom uređaja za potrebe snabdijevanja toplinskih mreža i dodatkom razvodnih uređaja visokog napona za potrebe gradske električne mreže.

Lokacija Toplane određena je centralnim položajem među obje vrste toplinskog konzuma i potrebama rashladne vode za kondenzacioni pogon — na rijeci Savi (sl. 2). Na ovu lokaciju utjecali su nadalje razvoj zagrebačkog željezničkog čvora i raspoloživi tereni za odlaganje pepela.

Toplana bi kao veliki potrošač goriva, koje iskorištava na najrentabilniji mogući način u domeni spaljivanja, mogla ekonomski podnijeti svaku vrstu goriva. Ali zbog pomanjkanja boljih vrsta ugljena i dovoljnih količina nafte u našoj zemlji, toplana je planski orijentirana na lignite u ekonomskom radijusu prijevoza i na plin kao dopunsko gorivo, tako dugo dok ga bude.

Udaljenosti rudnika i ogrjevne moći pojedinih goriva za toplanu vidljive su iz tablice:

Rudnik	Granulacija mm	Donja ogrjevna moć kcal/kg	Udaljenost km
Stubički ugljenokopi	0—40	1850	60
Konjščinski ugljenokopi	0—40	2200	70
Krmelj, rudnik	0—40	2850	80
Koprivnički ugljenokopi	0—40	2300	90
Velenje rudnik	0—25	2500	100
Ivanec, rudnik	0—40	2400	120
Ivanić-Grad, plin	—	10000 Nm³	25



Sl. 3. Učestalost temperatura zraka za Zagreb i Srednju Evropu [4; 8]

Naravno kada anomalije tržišta lansiraju i druge izvore snabdijevanja ugljenom, nema nikakve zapreke za njihovu upotrebu.

Početne studije za Toplanu Zagreb datiraju od 1955, a sama gradnja započela je ljeti 1958. Završetak i puštanje u pogon uslijedilo je u drugoj polovici 1962.

GRIJANJE STANOVA I POSLOVNIH PROSTORIJA

Ova vrsta potrošnje ima karakteristike:

niski temperaturni nivo,
kratko trajanje u godini.

Količina topline potrebna za grijanje ovisna je uglavnom o vanjskoj temperaturi. Prema mjerenjima Geofizičkog zavoda u Zagrebu kroz dugi niz godina, može se izračunati koliko dana u godini traju pojedine dnevne temperature zraka u Zagrebu. Dijagram učestalosti ovih temperatura prikazan je na sl. 3 [4], zajedno s ucrtanom krivuljom za srednju Evropu, gdje je već podignuto mnogo toplana [8]. Vidi se da se obje krivulje prilično poklapaju, što također dokazuje da Zagreb ima približno istu kontinentalnu klimu kao i Srednja Evropa. Također prema podacima Geofizičkog zavoda izrađen je dijagram sl. 4 [2] srednjih mjesečnih temperatura kroz isto razdoblje. Prikazani su prosjeci i ekstremni mjeseci.

Za ovakve temperaturne prilike dobiva se da je trajanje maksimalnog opterećenja grijanja za cijelu mrežu svega 1700 sati godišnje, što daje malo iskorištenje instalacija za proizvodnju i prijenos topline. Veoma dobra ekonomija se ipak može postići ako se za grijanje upotrebljava toplina na dovoljno niskom nivou oduzimanja iz parne turbine i ako postoji dovoljna gustoća potrošnje na km² teritorija koji gravitira mreži. Po iskustvu, za priključak na mrežu dolaze u obzir urbanizirana područja s potrošnjom na sat od 50 Gcal/km² na više. U nekim osobito povoljnim prilikama za konfiguraciju mreže mogu se one graditi i u područjima sa 40—50 Gcal/km²/h. Najbliže područje u tom smislu Toplani je zasad novoizgrađena Ulica proleterskih brigada, gdje će se za dvije do tri godine postići konzum s maksimalnim opterećenjem mreže oko 60 Gcal/h (66 Gcal/h s gubicima u mreži), a za narednih nekoliko godina i 100 (110) Gcal/h. Tu su uglavnom velike javne ustanove i nešto stambenih blokova i solitera.

Prijenosni medij za ovu vrstu grijanja je topla voda, koja daje niz ekonomskih i pogonskih prednosti. Pored osnovne prednosti, da se za grijanje vode može upotrijebiti oduzeta para iz turbina kod relativno niskih tlakova (veliko iskorištenje adijabatskog pada), daljnje su prednosti tople vode pred parom:

ekonomski radijus prijenosa je dosta velik — prema prilikama do 10 km,

voda treba da bude manje kemijski pripremljena nego kod pare, a ciklus pare koja zagrijava vodu ima potpuno čisti kondenzat za napajanje kotlova,

velika elastičnost u pogonu; nema teškoća kod minimalnih opterećenja kao kod pare,

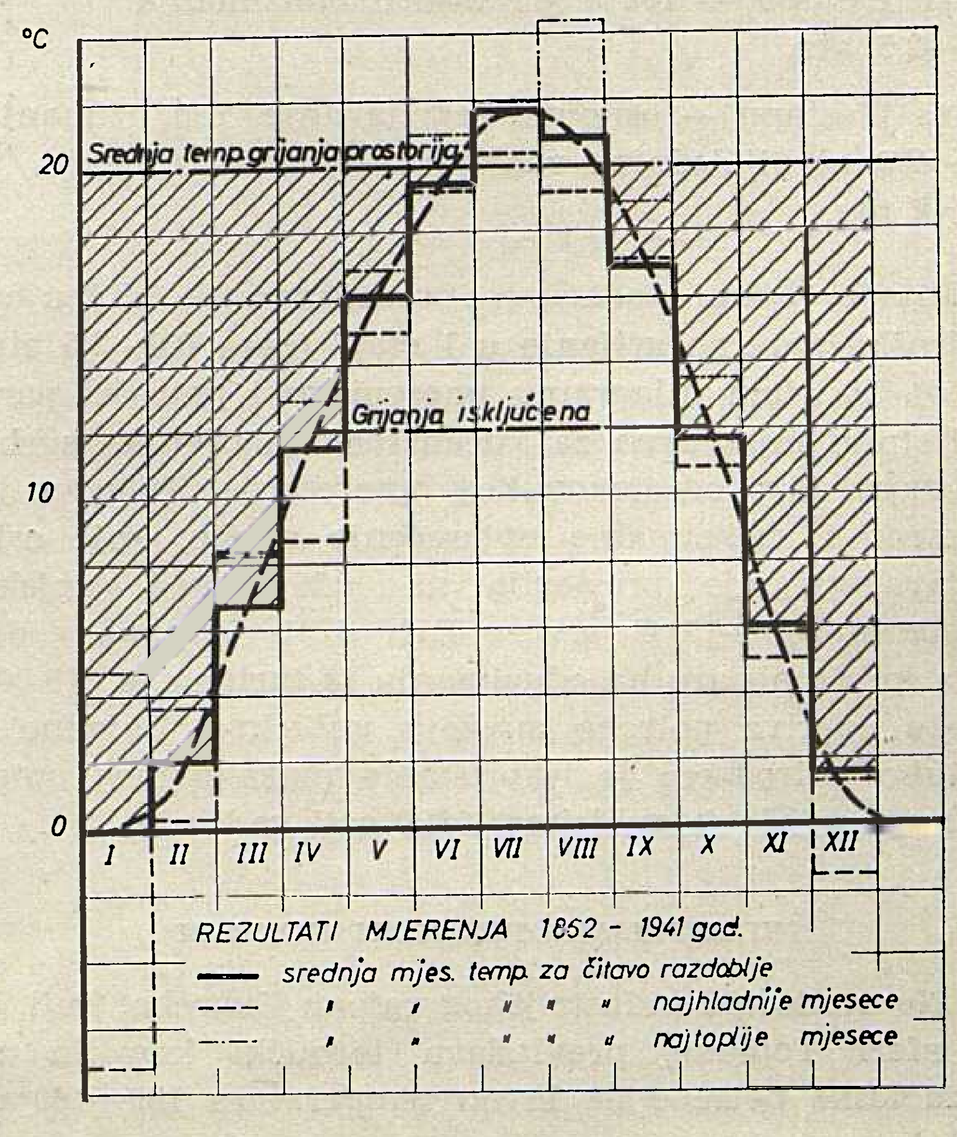
mogućnost »nabijanja« mreže toplinom prije nastupa vrška opterećenja zbog velike vlastite toplinske akumulacije, zatim mogućnost upotrebe akumulatora topline itd.,

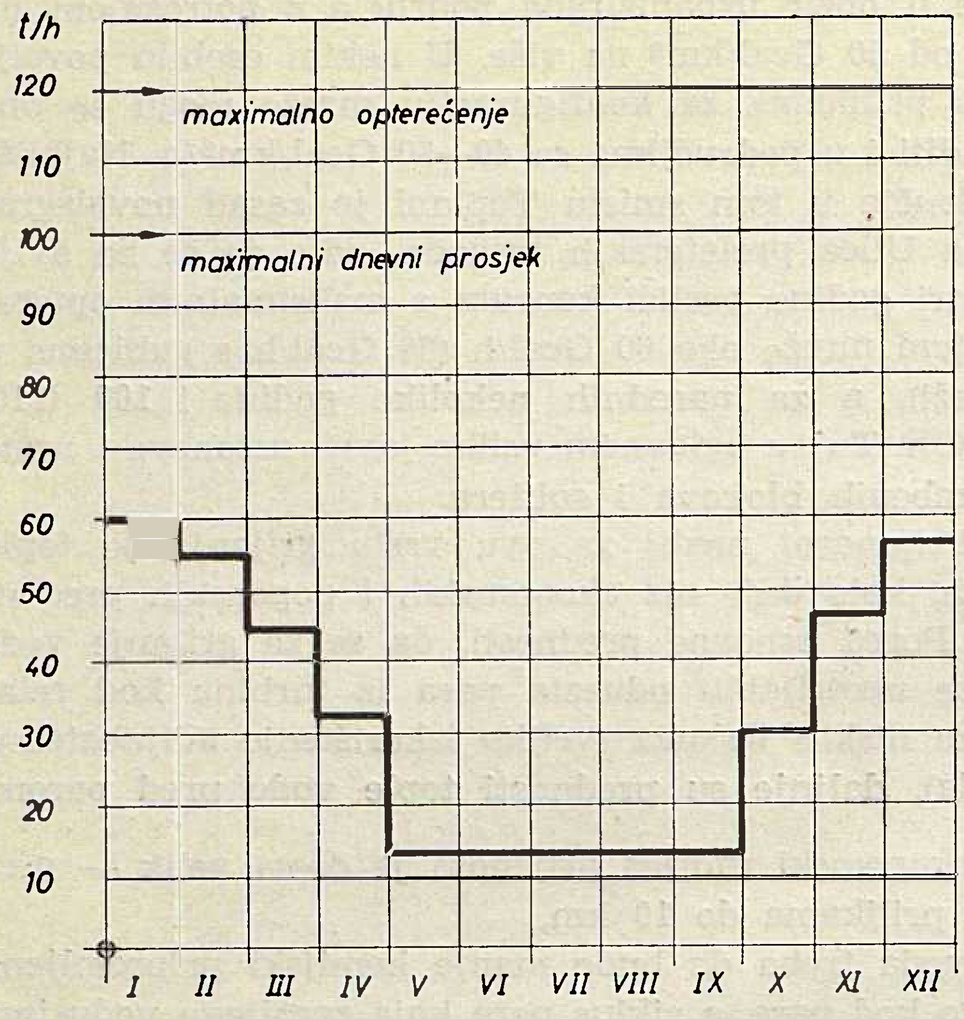
jednostavnije mjerenje utroška topline kod potrošača.

Izbor optimalnih temperatura vode u polaznom i povratnom vodu leži u našem slučaju u

I etapi, kod konzuma 60 Gcal/h kod 120/70° C,
II etapi, kod konzuma 100 Gcal/h kod 150/70° C.

Sl. 4. Srednje mjesečne temperature zraka za 95-godišnje razdoblje. Šrafirana površina proporcionalna je sumi prosječnih mjesečnih utrošaka [2]





Sl. 5. Potrošak pare toplovodnog grijanja za mjesečna prosječna opterećenja mreže zajedno s gubicima

U I etapi trebalo bi, uzevši u obzir trajanje pojedinih temperatura zraka i propise DIN, vodu grijati iz dva stepena oduzimanja turbine i to za temperature u polaznom vodu

do 70° C kod 0,4 ata (86% godišnje kol.),
71—120° C kod 1,4—2,5 ata (14% godišnje kol.).

U II etapi došlo bi grijanje u tri stepena:

do 80° C kod 0,7 ata (86% godišnje kol.),
87—120° C kod 1,4—2,5 ata (13% godišnje kol.),
121—150° C kod 7 ata (1% godišnje kol.)
(prema [4]).

Iz raznih praktičkih razloga izabrani su ovi nivoi oduzimanja na turbini:

za I etapu — 100% grijanje iz oduzimanja 0,8—2,5 ata,

za II etapu — osnovno zagrijavanje iz oduzimanja 0,8—2,5 ata i dodatno zagrijavanje iz oduzimanja 7 ± 2 ata.

Prema ovim podacima proračunan je dijagram potroška pare za grijanje u I etapi (para 0,8—2,5 ata, sl. 5). U istom dijagramu uneseni su i potrošci pare u ljetnim mjesecima za kućanstva i higijenske svrhe u iznosu 20% od januarskog opterećenja. Također je uneseno i maksimalno opterećenje mreže, koje osigurava grijanje prostorija na +20° C kod vanjske temperature —15° C prema DIN 4701. Ukupna godišnja količina pare na oduzimanju iz turbine je 215.000 t, što pokriva potrebe mreže s gubicima. Zajedno s ljetnim potroškom je iskorištenje maksimalnog opterećenja mreže (s gubicima) 1800 sati godišnje.

INDUSTRIJSKI TERMIČKI KONZUM

Na teritoriju industrijskog rajona Zagreba, koji je u sferi Toplane, prevladava termički konzum za tehnološke potrebe na nivou temperatura 130—160° C, dakle na srednjem temperaturnom nivou. To su razne kemijske tvornice, tekstilna i prehrambena industrija te tvornica papira.

Količine topline za tehnološke svrhe, bilo da tvornice rade u jednoj, dvije ili tri smjene, jesu tolike, da jedino dolazi u obzir para kao prijenosni medij, i to na tlaku 7 ± 2 ata. Osim u tehnološke svrhe, ove tvornice trebaju toplinu i za grijanje hala, a postoji i prerađivačka industrija, koja treba toplinu isključivo za grijanje. Kako je ovo industrijsko područje (Žitnjak i okolica) prostorno udaljeno od područja gdje dominira ogrjevni konzum (stanovi i uredi u Trnju) to se mora, barem u prvo vrijeme, uzimati i ogrjevna toplina iz parne mreže, što je nepovoljno. To će trajati tako dugo dok koncentracija ogrjevnog konzuma na ovom području ne bude tolika da opravda izgradnju posebne mreže s vodom kao medijem.

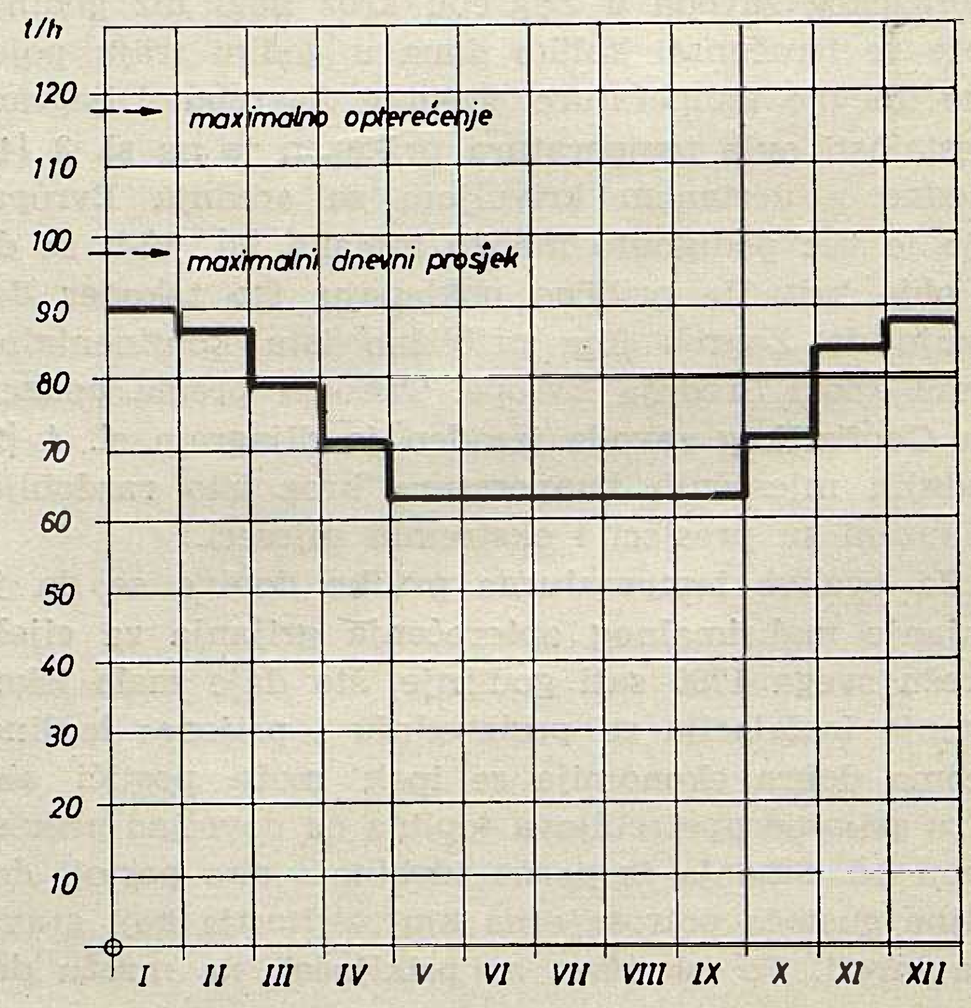
U ekonomskom radijusu parne mreže 7 ata, 4—5 km, već prema trajanju potrošnje, postoji ili će doskora postojati (za 2—3 godine) ovaj industrijski konzum:

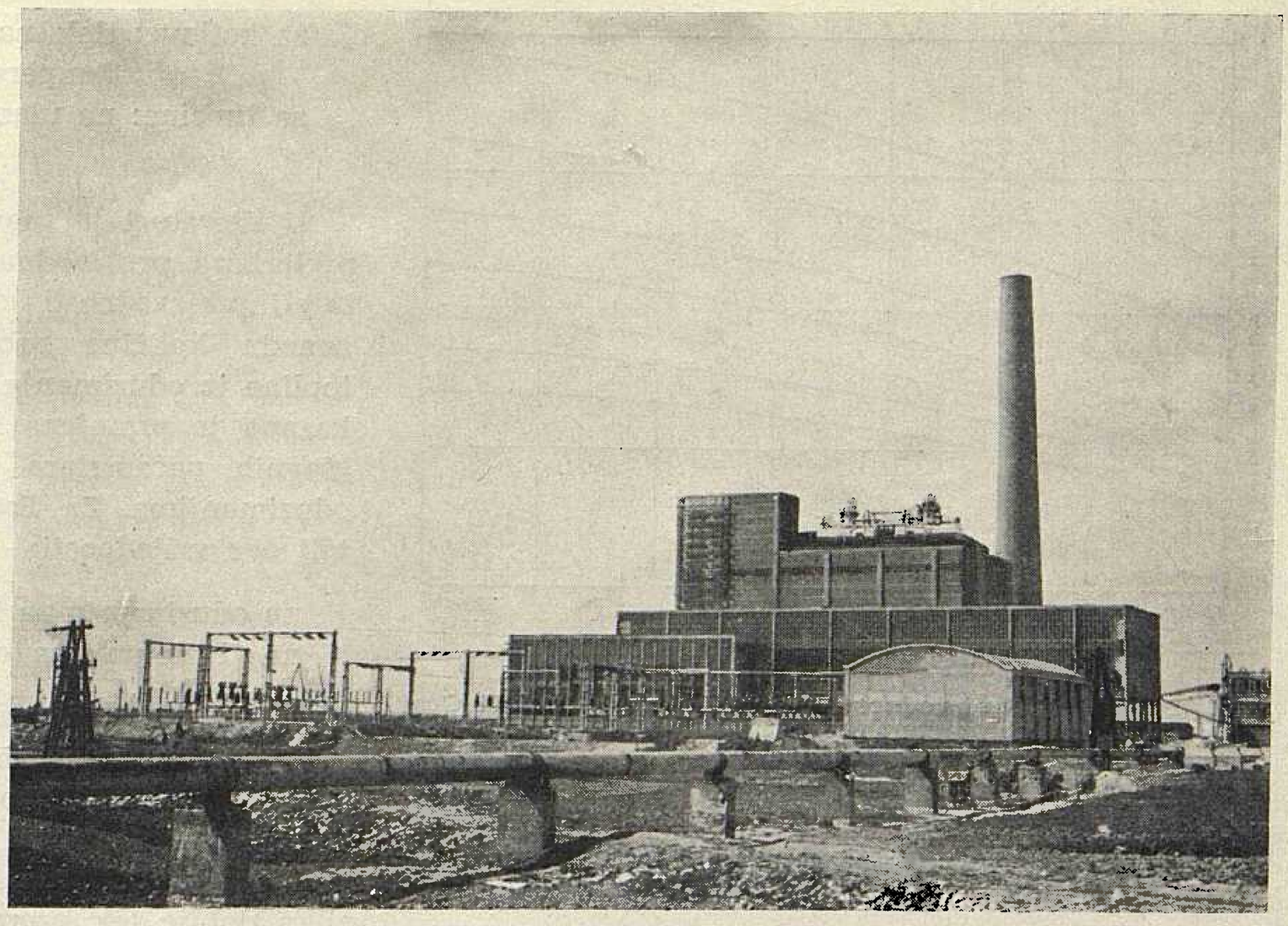
Vrsta potrošnje	Maksimalno opterećenje t/h	Sati iskorištenja h	Godišnje 1000 t
Tehnološka, 3 smjene (papirna, kemijska ind.)	25	8.000	200
Tehnološka, 2 smjene (tekstilna, prehrambena ind.)	30	5.000	150
Tehnološka, 1 smjena	45	2.500	112
Grijanje hala (sve industrije)	52	1.500	78
Ukupno	*152*		*540*
Ukupno uz faktor istodobnosti 0,75 i gubitke u mreži 10 %	118	5.100	600

Ovdje su grijanja iskazana prema DIN 4701 kod —18° C vanjske temperature i 15° C grijanja prostorija.

Ova struktura potrošnje nije statična nego će se mijenjati prema izgradnji tvornica, ali se može za sa-

Sl. 6. Potrošak industrijske mreže za mjesečna prosječna opterećenja s gubicima u mreži



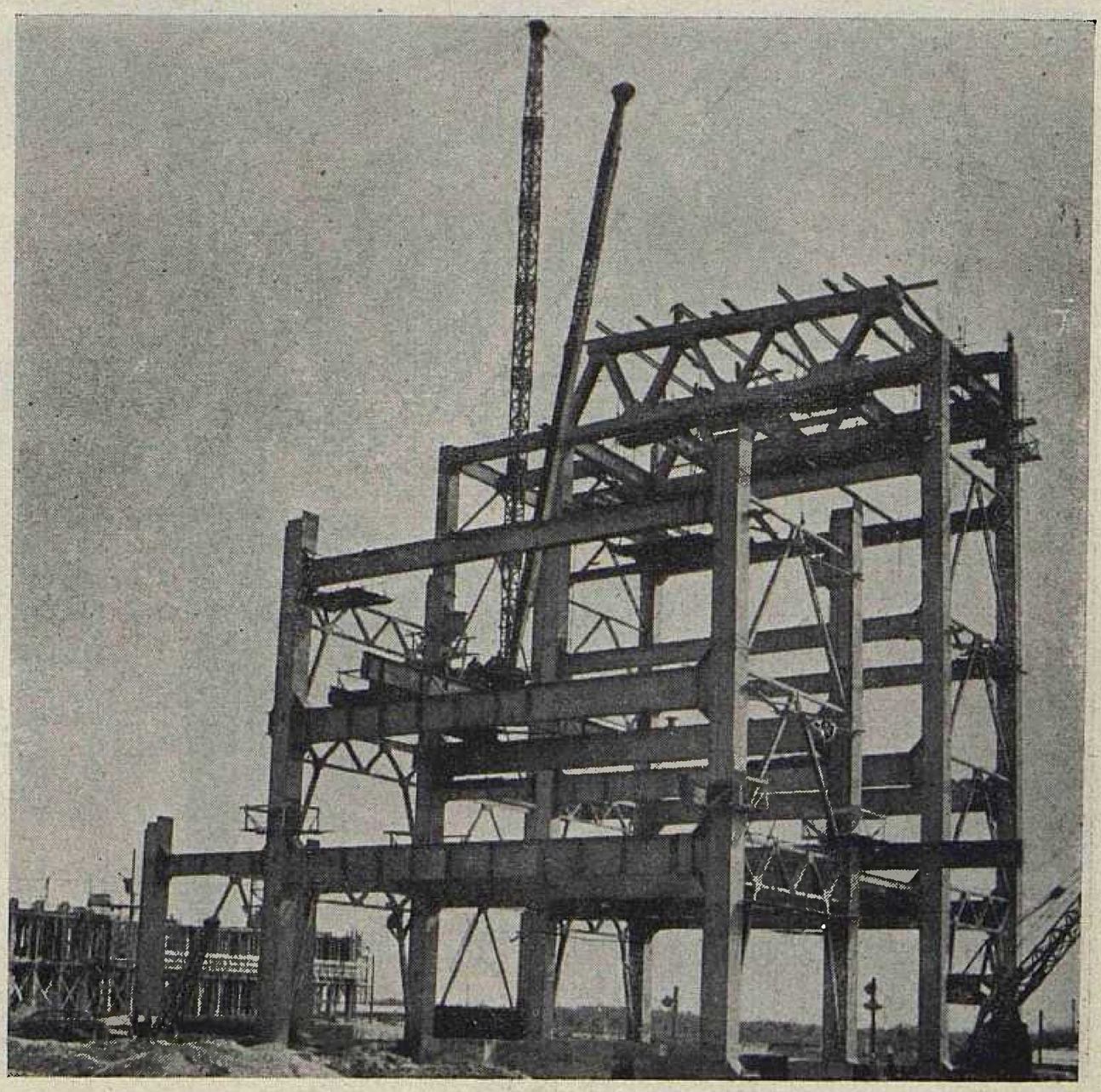


Sl. 7. Pogled na Toplanu zajedno s parovodom industrijske mreže

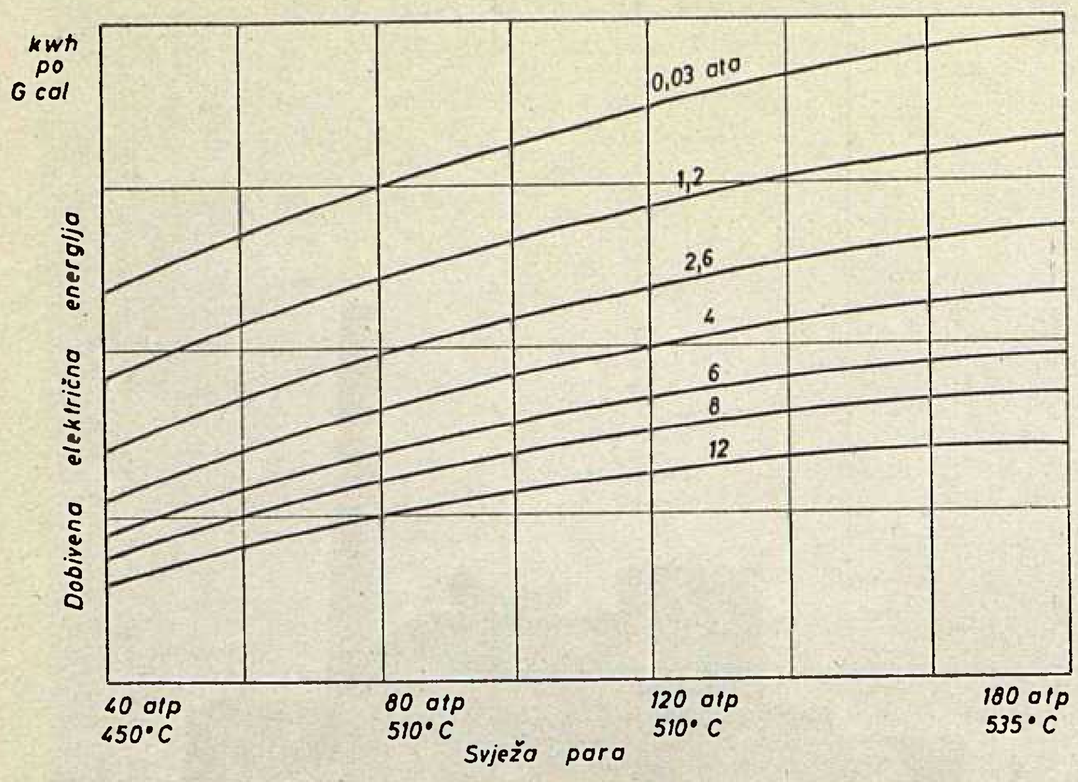
danji period smatrati tipičnom i dosta dobrom za daljnja razmatranja Toplane. Varijacije opterećenja po mjesecima procijenjene su na sl. 6.

IZBOR POČETNIH PARAMETARA PARE

Za kondenzacioni proces može se lako izračunati kolika se investicija može podnijeti za izdatke u vezi s početnim parametrima, za predgrijavanja i međuzagrijavanja u ovisnosti o sniženju proizvodnih troškova. Naravno kod toga se mora poštovati i uslov da vlažnost pare na izlazu iz turbine bude manja od izvjesne vrijednosti, koja opet zavisi od temperature rashladne vode itd. Našom tipizacijom akcionih kondenzacionih turbina (tvornice »Jugoturbina«) predviđene su za turbine 32 MW ulazne veličine 97 atp i 530° C i 4—5 nereguliranih oduzimanja za predgrijanje vode [5]. Međutim u slučaju Toplane, s velikim protokom turbina zbog oduzimanja pare na dva nivoa za potrebe toplinskog konzuma, na proizvodne troškove obih vrsta energije, tj. toplinske i električne, utjecaj manjih promjena veličine ulaznih parame-



Sl. 8. Okvirna čelična konstrukcija kotlova u montaži



Sl. 9. Pokazatelj proizvodnosti električne energije kWh/Gcal u zavisnosti od parametara pare na ulazu u turbinu i na oduzimanjima [8]

tara, a pogotovo međuzagrijavanja znatno pada, a mnogo veće značenje ima izbor izlaznih nivoa.

Zato su u pogledu ulaznih parametara manje odlučivali kod Toplane teoretski računi nego praktični razlozi, kao što su sigurnost pogona, jednostavnost uređaja, manje investicije, raspoloživi model turbine najjeftinijeg ponuđača itd., a naravno zadovoljeno je i uslovu vlažnosti pare na izlazu iz niskotlačnog dijela.

Prema tome za Toplanu su odabrani ovi početni nominalni parametri pare za maksimalno trajno opterećenje:

za kotlove:	tlak na izlazu iz pregrijača	95 atp
	temperatura pregrijanja	530° C
za turbine:	na ulazu	90 atp
		520° C

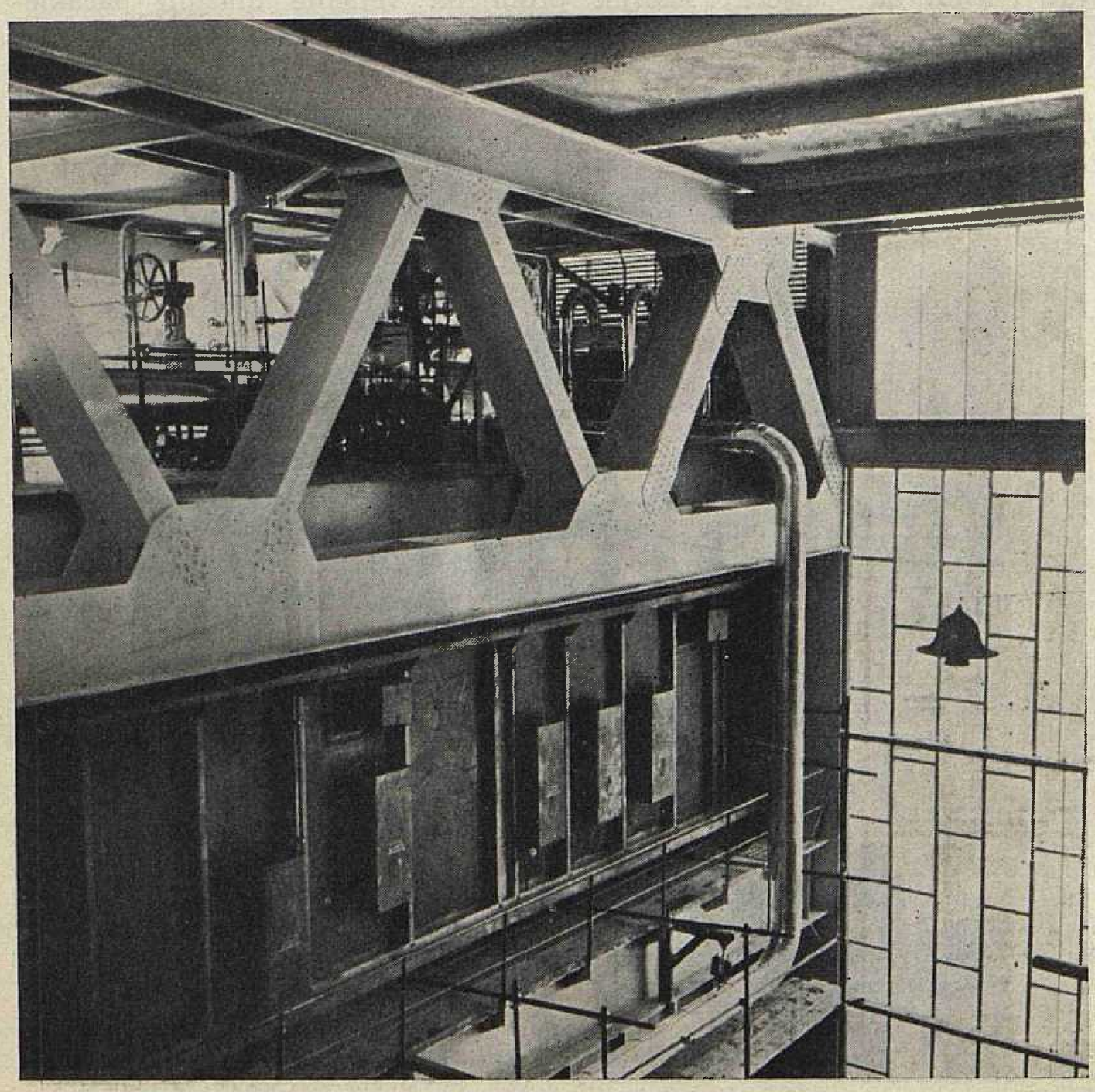
U literaturi [8] navodi se kao pokazatelj koji karakterizira proizvodnu sposobnost toplana tzv. pokazatelj proizvodnosti električne energije. To je odnos između količine proizvedene električne energije i topline iz oduzimanja predane potrošnji. Na sl. 9 pokazana je promjena tog pokazatelja u zavisnosti od glavnih parametara pare na ulazu u turbinu i na oduzimanjima. Za Toplanu Zagreb ima ovaj pokazatelj ove vrijednosti:

na oduzimanju za industriju	260 kWh/Gcal.
na oduzimanju za toplovodnu mrežu	400 kWh/Gcal.

To znači da se za svaku mreži predanu 1 Gcal dobije 260 odnosno 400 kWh. Granice unutar kojih se normalno kreće ovaj pokazatelj su 100—450 kWh/Gcal. Ovo je samo tehnički pokazatelj jer ne daje i uvid u troškove proizvodnje i prijenosa energije pa se prava slika dobije tek proračunom cijena energije.

IZBOR VELIČINE KOTLOVA

Za veličinu kotlova mjerodavna je suma opterećenja toplinskih mreža, samo je kod toga pitanje, koji toplinski konzum mora bezuvjetno biti osiguran. Minimalno radi sigurnosti moraju biti instalirana dva kotla, od kojih jedan mora, u slučaju kvara drugog, snabdjeti izvjestan toplinski konzum koji je kritičan, a da ne bude nepodnosivih ekonomskih ili moralnih šteta.



Sl. 10. Detalj gornjeg nosača konstrukcije kotla

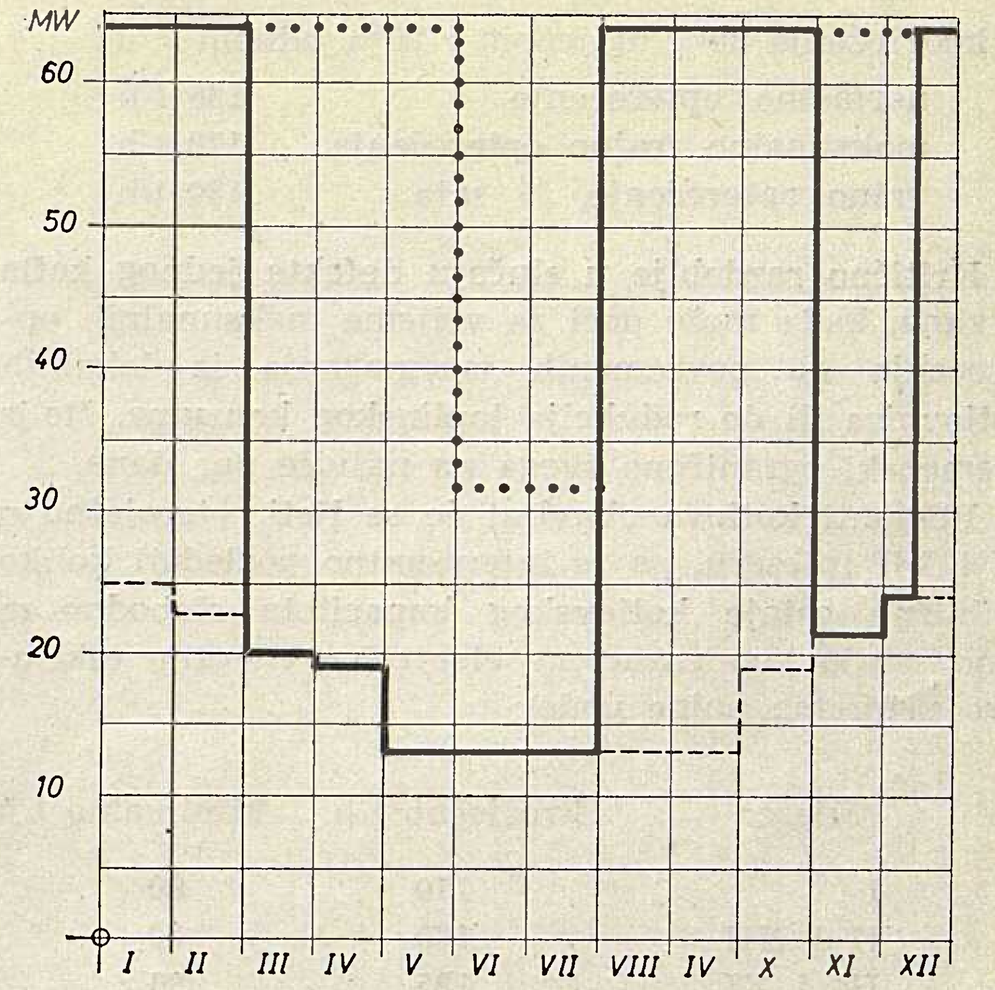
Na području parne mreže postojat će kotlovnice, koje će raditi za konzum viših parametara od tlaka mreže, pa postoji mogućnost ispomaganja za vrijeme ispada jednog kotla u Toplani. Osim toga postoji i mogućnost redukcije opterećenja parne mreže za dio iznosa grijanja, čiji je udio u maksimalnom opterećenju oko 50 t/h. Toplovodna mreža s druge strane ima mogućnost akumulacije topline za nekoliko sati pa i to omogućava izvjestan elasticitet. Ekonomski i pogonski opravdano je zato da se jednim kotlom osigura samo konzum koji se sastoji od:

prosječno januarsko opterećenje	
parne mreže	90 t/h
s dodatkom za predgrijavanje vode	14 t/h
prosječno januarsko opterećenje	
toplovodne mreže	60 t/h
s dodatkom za predgrijavanje vode	6 t/h
ukupno	170 t/h

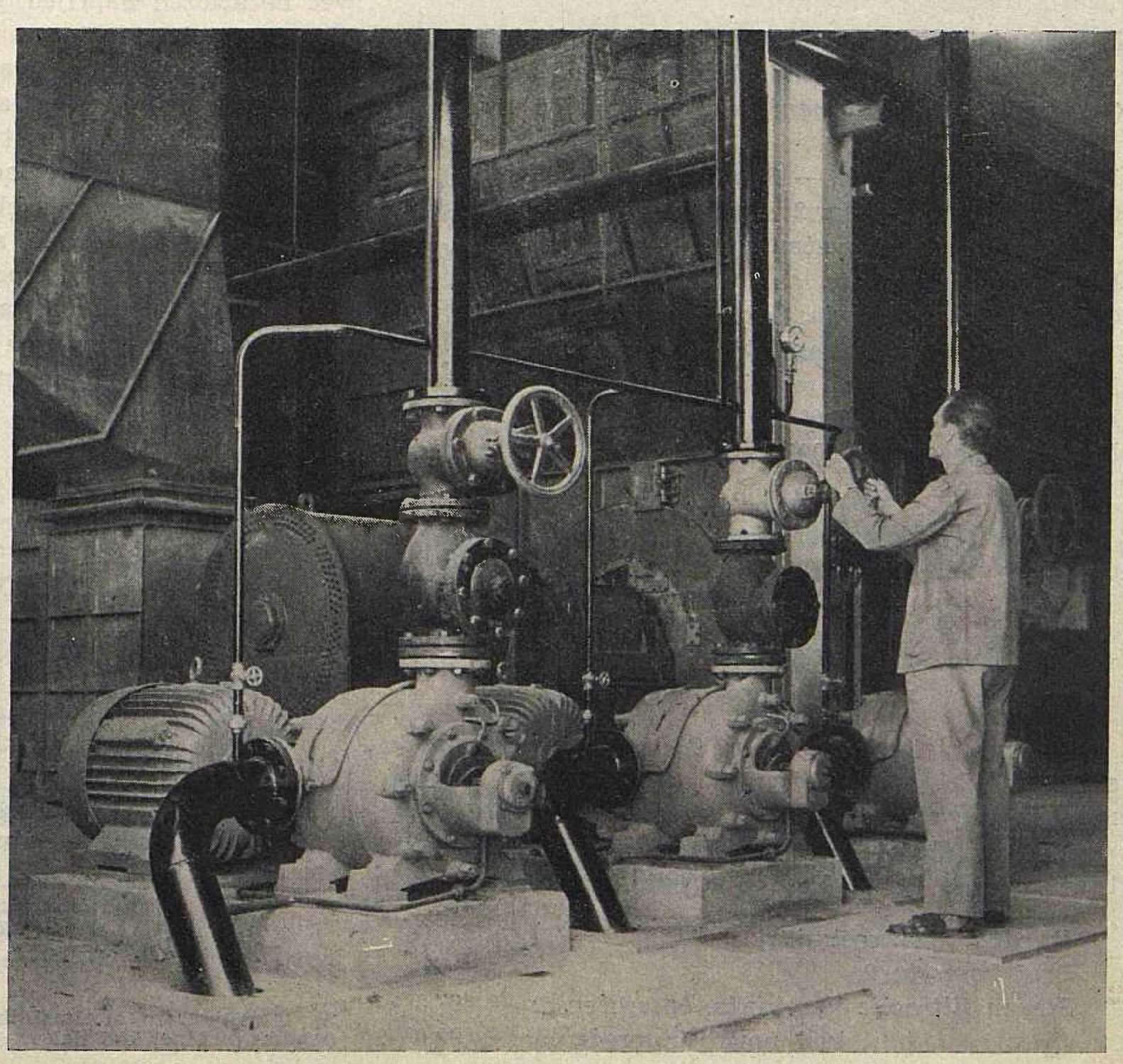
Prema tome odabrana su dva kotla za pogon u vrijeme prve etape izgradnje toplinskih mreža s opterećenjima prema dijagramima sl. 5 i 6 ovih kapaciteta po kotlu:

kod loženja samo ugljenom

normalno opterećenje	125 t/h
maksimalno trajno opterećenje	160 t/h
vršno opterećenje, ½ sata	175 t/h



Sl. 11. Proizvodnja električne energije



Sl. 12. Detalj iz kotlovnice

kod loženja 80% ugljenom i 20% plinom

normalno opterećenje	136 t/h
maksimalno trajno opterećenje	170 t/h
vršno opterećenje, ½ sata	180 t/h

Kritično razdoblje u slučaju defekta jednog kotla je zima, kada može doći za vrijeme maksimalnih opterećenja do povremenih ispomaganja iz lokalnih kotlovnica ili do redukcija toplinskog konzuma, što je vremenski ograničeno svega na najviše par dana.

Remonti kotlova obavljat će se ljeti, vjerojatno u VI i VII mjesecu, pa je interesantno pogledati koliko približno ostaje kotlovskog kapaciteta slobodno za proizvodnju kondenzacione električne energije (uključivo priprema pojne vode):

Mjesec	Prosječno t/h	Minimalno t/h
I	170	60
II i XII	180	60
III i XI	185	80
IV i X	225	150
V, VIII i IX	245	200
VI i VII	80	40

Proizvodnja električne energije i njena raspodjela na protutlačnu i kondenzacionu pokazana je na sl. 11. Jasno je da za kondenzacionu energiju nema rezerve u kotlovskom kapacitetu, što i nije potrebno u povezanom energetskom sistemu.

Ostali podaci pojedinog kotla jesu ovi:

Izvedba: strmocijevni, radijacioni, s prirodnom cirkulacijom vode, s mlinskim loženjem.
Garancije *step. djelovanja:* za lignit 1700 kcal/kg i 1900 kcal/kg.
Mlinovi: 4 po 22 t/h — 3 mlina dovoljna za 160 t/h
Gorionici: 4 za ugljen, 2 za plin (samo za 50 t/h pare, s mogućnošću povećanja na 100 t/h).
Potpaljivanje: naftom.
Odvod drozge i pepela: suha drozga, hidraulički niskotlačni odvod s bagerskim pumpama.
Napojne pumpe: 1 na električni pogon, 1 na parni.
Predgrijanje vode: 200° C.
Predgrijanje zraka: 300° C.

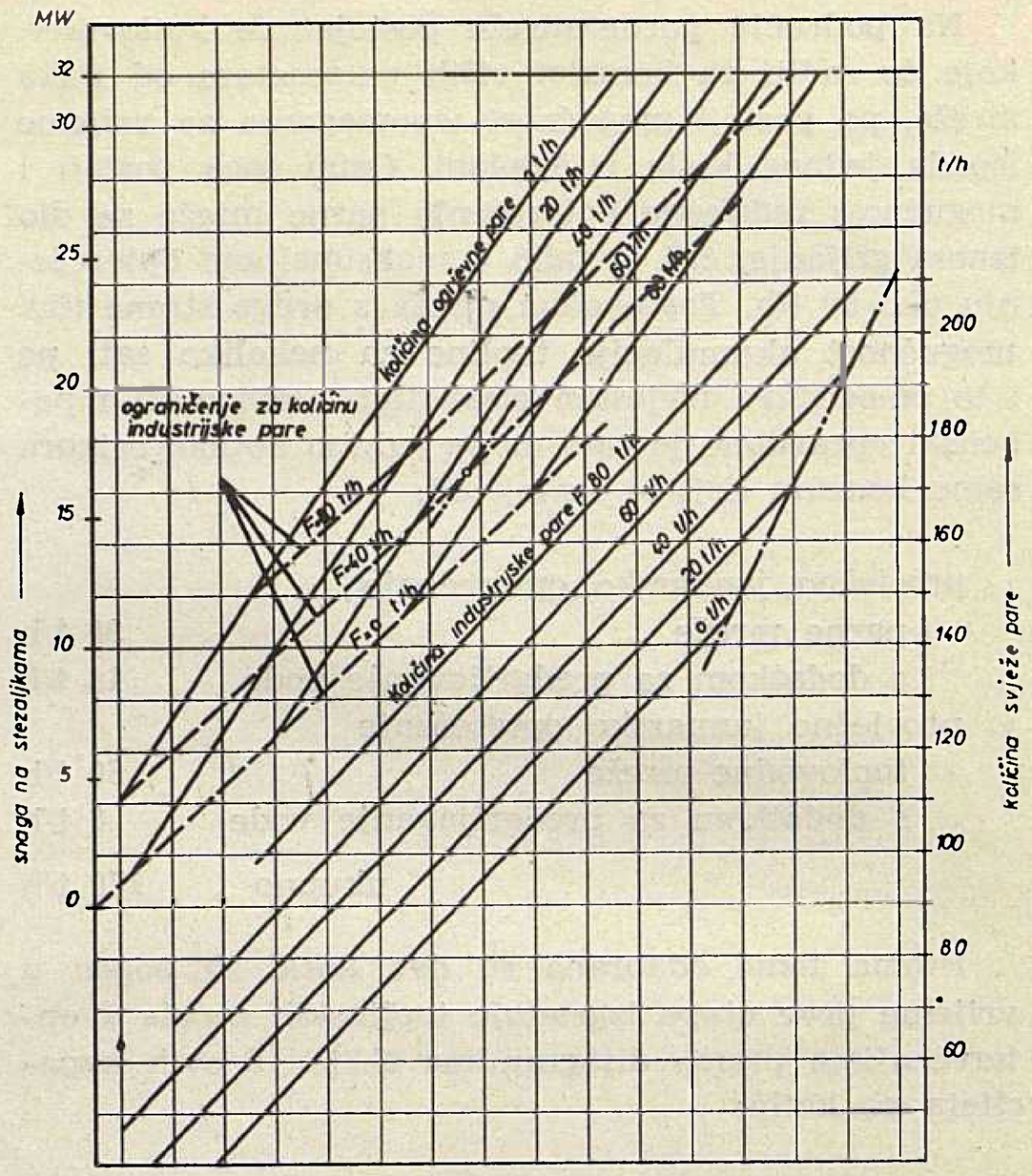
Uz kotlove dobavljene su i redukcione stanice za paru i to po 1 stanica

za 95/6 atp, 100 t/h,
za 95/1,5 atp, 70 t/h i
za 95/19 atp, 20 t/h.

Plinska stanica za redukciju tlaka u plinovodu sastoji se iz jednog automatskog i iz jednog ručnog regulacionog uređaja, svaki kapaciteta 10.000 Nm³.

Čišćenje dimnih plinova obavlja se po jednom filteru za svaki kotao. Podaci pojedinog filtera jesu:

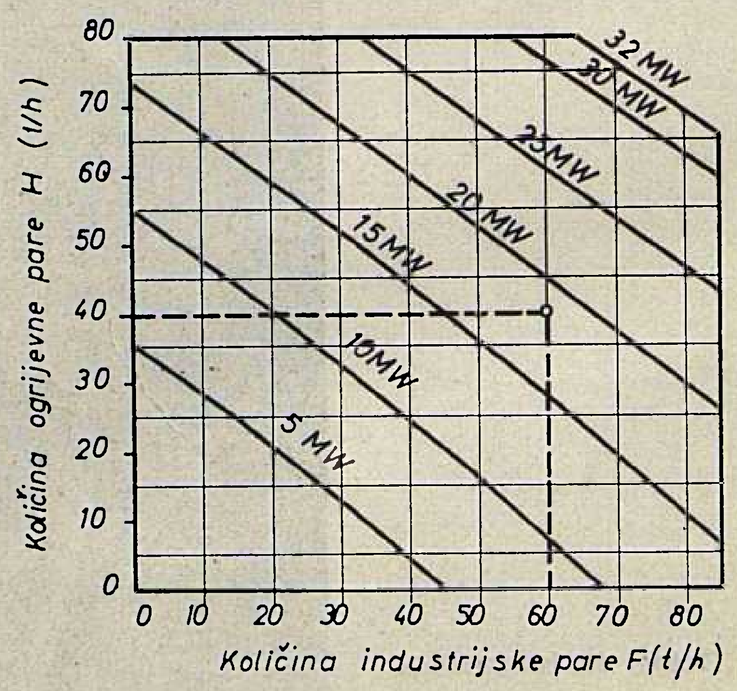
Izvedba: elektrostatički.
Broj komora: 2.
Stepen filtracije kod maks. opterećenja: 97,8%.
kod norm. opterećenja: 99,0%.



Sl. 13. Dijagram oduzimanja i utroška svježe pare za turbine kod tlakova na oduzimanjima 2,5 i 7,0 ata [10]

IZBOR TURBINA

Osim ulaznih i izlaznih parametara, čiji je izbor već obrazložen naprijed, ostalo je još opravdati izbor tipa i protoka turbina, naročito za kondenzacioni dio. Tu je naročito važno polazno stanovište da treba odabrati dvije jedinice jednakih proizvodnih mogućnosti, kako za proizvodnju protutlačne tako i kondenzacione energije. Time je prevladao elektroprivredni zahtjev sigurnosti proizvodnje električne energije pod svim uslovima, te su otpale sve druge kombinacije. Pod elektroprivrednom sigurnošću misli se ovdje na sigurnost s aspekta snabdijevanja koncentriranog gradskog i industrijskog konzuma u najvećoj blizini Toplane tj. generatori Toplane imaju preuzeti svoju ulogu u



Sl. 14. Dijagram minimalnih snaga tj. u čisto protutlačnom pogonu turbine, kod tlakova na oduzimanjima 2,5 i 7,0 ata [10]

gradskoj mreži na potpuno istom stepenu odgovornosti kao i napojni transformatori. Oni će biti stalan izvor električne energije, u prvom redu protutlačne a povremeno i kondenzacione, pa će prema tome imati svoje stalno mjesto u bilanci potrošnje lokalnog konzuma.

Izbor veličine agregata 2×32 MW kod cos $\varphi = 0{,}8$ odnosno 2×36 MW kod cos $\varphi = 0{,}9$ usklađen je s veličinom lokalnog konzuma, toplinskim konzumom i konačno i s kapacitetom kotlova. Svaki agregat može odavati paru za istovremeno zimsko prosječno opterećenje obiju toplinskih mreža, što daje 25 MW električne snage i ostatak do 32 MW može istovremeno proizvesti u kondenzacionom pogonu. Kod januarskih prosjeka opterećenja mreža imamo 30 MW kod čistog protutlačnog pogona.

Podaci pojedine turbine jesu ovi:

Izvedba: dvokućišna, akciona, kondenzaciona s oduzimanjima.

Snaga: 32.000 kW, maksimalno trajno, kod cos $\varphi = 0{,}8$,
36.000 kW, maksimalno trajno, kod cos $\varphi = 0{,}9$.

Broj okretaja: 3.000 u minuti.

Protok:

visokotlačnog dijela:	norm. 144 t/h, maks. 210 t/h,
niskotlačnog dijela:	norm. 75 t/h, maks. 100 t/h.
reguliranog oduzimanja:	7 $\pm$ 2 maks. 100 t/h, temperatura 230/269° C.
reguliranog oduzimanja:	0,8—2,5 ata, maks. 100 t/h, temperatura 140/175° C.
Broj nereguliranih oduzimanja:	4.
Protok kondenzatora:	norm. 75 t/h, 0,038 atp, maks. 100 t/h,

sve kod temperature rashladne vode 17° C.

Kapacitet kondenzacije od 100 t/h odgovara učinu od 32 MW, odnosno količini svježe pare 123 t/h. Maksimalne količine oduzimanja po 100 t/h na svakom reguliranom oduzimanju ne mogu nastupiti istovremeno. Režim rada pojedinog turboagregata može se vidjeti na dijagramu sl. 13 koji je ovdje pokazan kao primjer za prilike kod 2,5 ata na oduzimanju za toplovodnu mrežu i 7 ata za parnu mrežu. U gornjoj lijevoj skupini linija količina pare za grijanje isprekidano su označene granične linije za maksimalno dopustive količine industrijske pare.

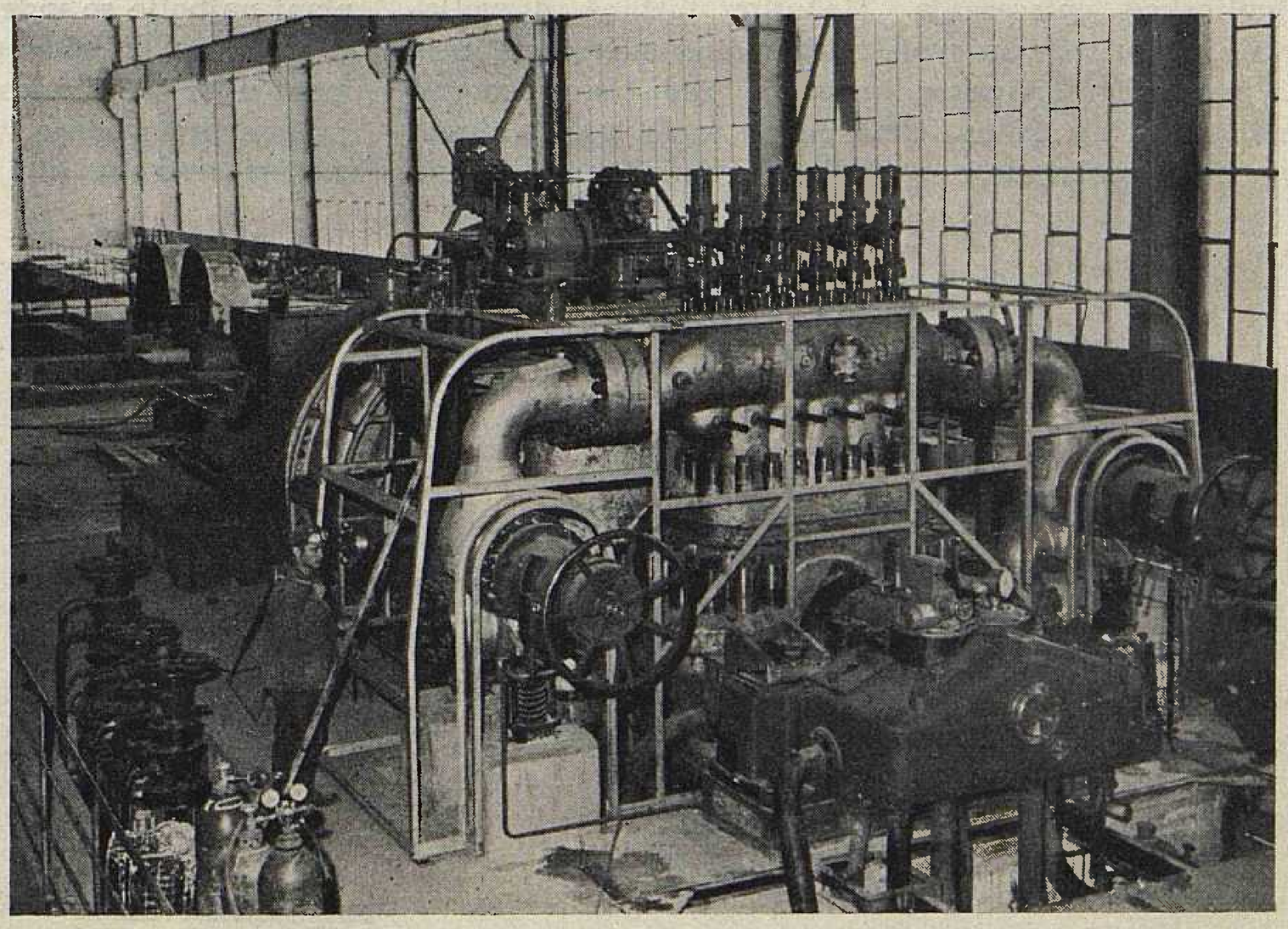
Iz dijagrama mogu se očitati proizvodne snage turbine u protutlačnom pogonu za razna oduzimanja, kao i ukupni protoci turbine kod pogona kombiniranog s kondenzacijom. Na dijagramu sl. 14 posebno su prikazane snage turboagregata u protutlačnom pogonu u ovisnosti od količina pare na oduzimanjima za ogrjevnu i industrijsku mrežu, također za primjer kod 2,5 i 7 ata. Iz ovog dijagrama može se očitati i maksimalno moguće istovremeno odavanje pare za industriju i toplovodno grijanje i rezultirajuća električna snaga. Vidi se, na primjer, da se kod 32 MW protutlačne snage i tlakova oduzimanja 7 ata i 2,5 ata, najveće količine oduzimanja mogu kretati istovremeno u ovim rasponima:

industrijska mreža	85 t/h do 64 t/h

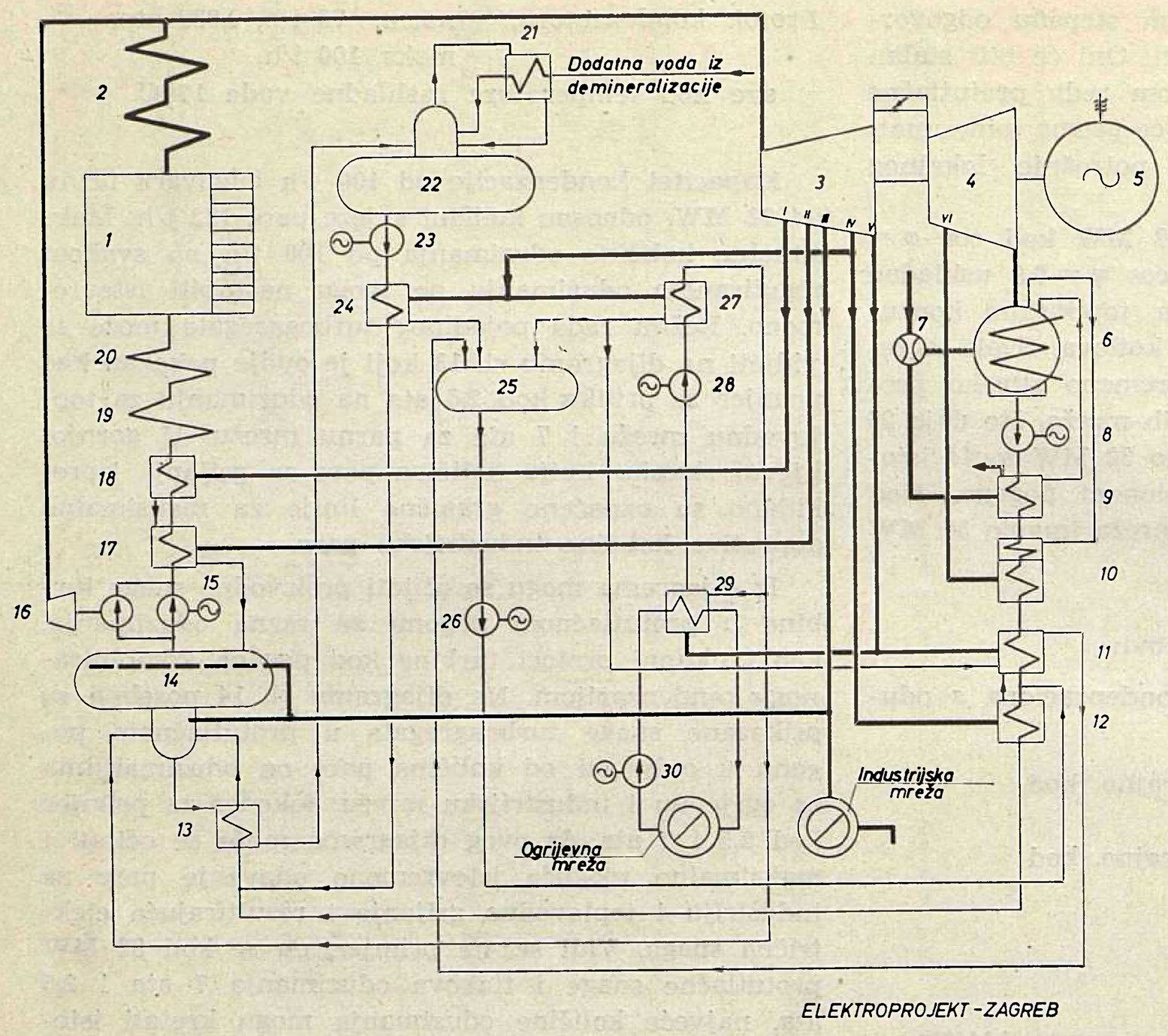
i istovremeno

toplovodna mreža	66 t/h do 80 t/h.

Kako se vidi, do januarskih prosjeka (sl. 5 i 6) opterećenja toplinskih mreža, može već sama jedna turbina zadovoljiti. Teret će se dijeliti na 2 turbine kod maksimalnih zimskih opterećenja toplinskih mre-



Sl. 15. Turbina u montaži



1 kotao
2 pregrijač
3 VT turbina
4 NT turbina
5 generator
6 kondenzator
7 parni ejektor
8 kondenzatna pumpa
9 hladionik ejektora
10 NT zagrijač I
11 NT zagrijač II
12 NT zagrijač III
13 bridni kondenzator I
14 spremnik napojne vode
15 elektr. napojna pumpa
16 napojna turbopumpa
17 VT zagrijač I
18 VT zagrijač II
19 EKO I
20 EKO II
21 bridni kondenzator »O«
22 spremnik predotplinjene vode
23 pumpa dodatne vode
24 zagrijač dodatne vode
25 spremnik kondenzata NT zagrijača
26 kondenzatna pumpa
27 A-zagrijač
28 pretočna pumpa
29 C-zagrijač
30 pumpa toplovoda

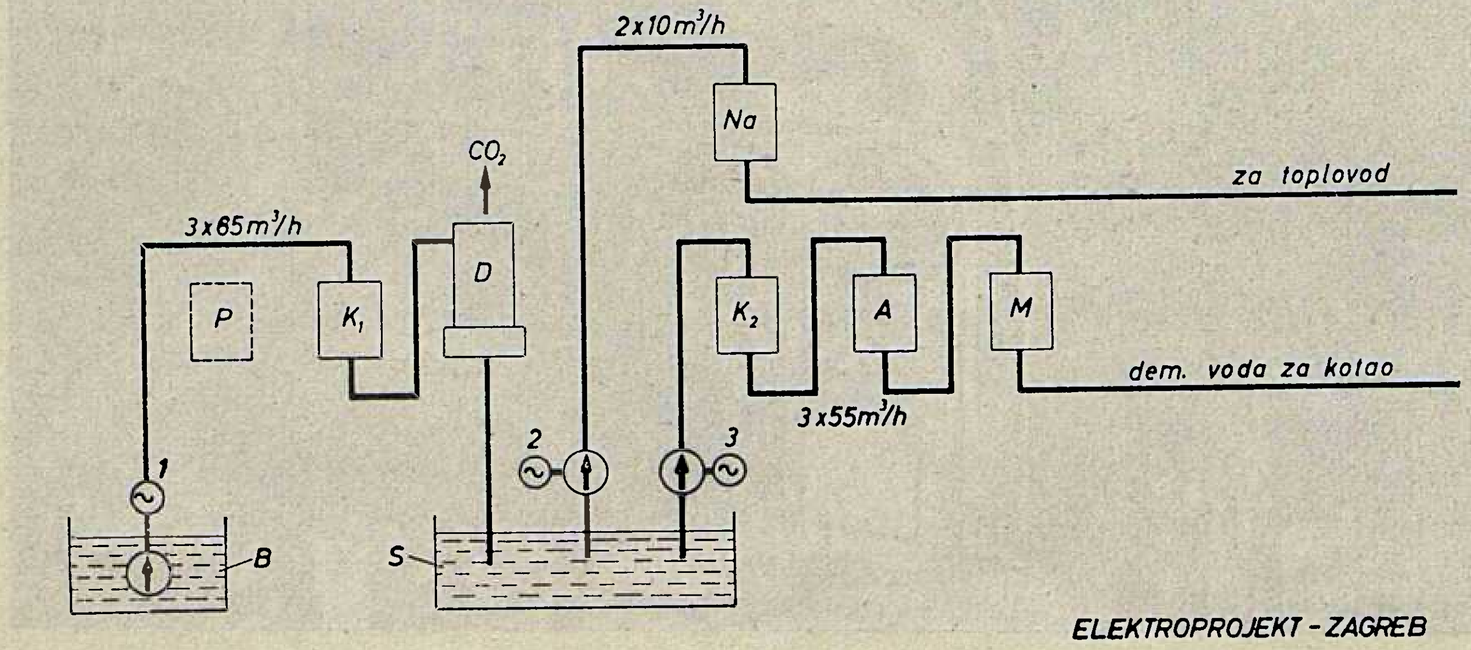
Sl. 16. Toplinska shema bloka kotao-turbina bez poprečnih veza i bez redukcionih stanica

ža i u slučajevima kad se podjelom dobije bolji stepen djelovanja turbina. Isto tako u slučajevima potrebe rotirajuće rezerve do 64 MW.

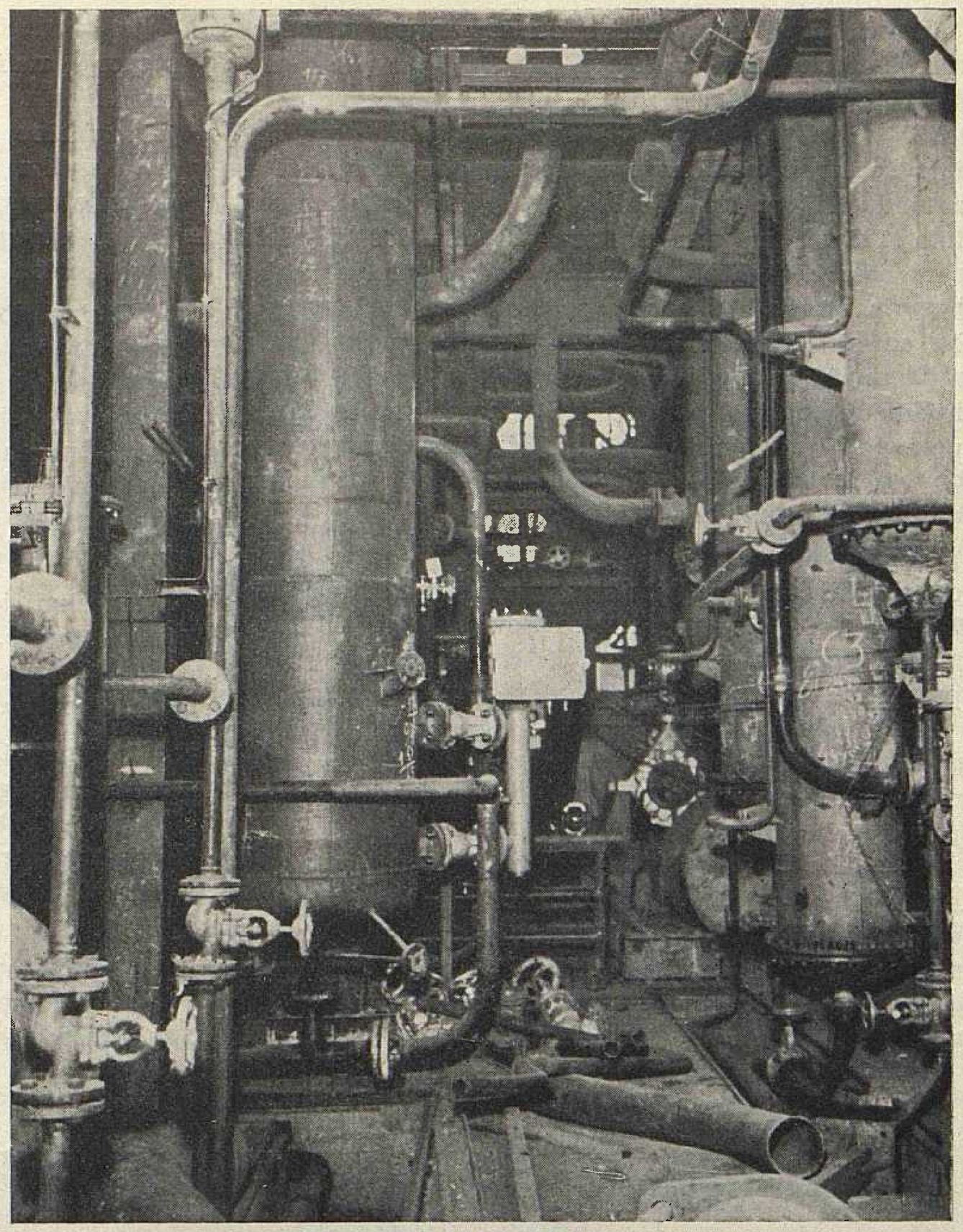
Kod sadašnjih kapaciteta toplinskih mreža, u svakom slučaju su dovoljna 2 kotla za električni učin 64 MW kako je naprijed pokazano, s time da nema rezerve u kotlovskom kapacitetu u slučaju kvara jednog kotla za zimski kondenzacioni pogon ili za vrškove toplinskog opterećenja. Međutim turbine dozvoljavaju, s obzirom na svoje maksimalne moguće protoke i povećanje toplinskog konzuma. Tada će se morati nabaviti treći kotao, čime će se samo povećati mogućnost proizvodnje protutlačne energije na račun kondenzacione, a ukupna raspoloživa električna snaga ostat će ista, tj. 64 MW. Razvoj će pokazati kada će to biti potrebno, a postoji vjerojatnost, pored toga, da će se u centru konzuma moći koristiti neke niskotlačne kotlovnice koje će imati dovoljno rezerve da pokriju kratkotrajne vršKove opterećenja mreža Toplane.

Mogućnosti proizvodnje električne energije u Toplani najbolje se vide iz dijagrama na sl. 11 kod čega je uzeto da pojedini agregati kao i kotlovi idu u remont u VI i VII mjesecu. Procijenjena je i linija vjerojatne proizvodnje, tj. uzeto je da dodatna kondenzaciona energija nije potrebna u III—VII, XI te u

Sl. 17. Shematski prikaz toka procesa kemijske pripreme vode



P pješčani filter 3 × 85 m³/h
K_1 kationski izmjenjivač, slabo kiseli 3 × 85 m³/h
D odzračivač 2 × 85 m³/h
K_2 kationski izmjenjivač, jako kiseli, 3 × 55 m³/h
A anionski izmjenjivač 3 × 55 m³/h
M izmjenjivač »mixed-bed« 3 × 55 m³/h
Na Na-izmjenjivač 2 × 10 m³/h
B bunar
S spremnik dekarbonizirane vode
1 bunarska pumpa 3 × 85 m³/h
2 pumpa dekarbonizirane vode 2 × 10 m³/h 3 × 55 m³/h
3 pumpa dekarbonizirane vode



Sl. 18. Termička priprema vode u montaži

prvoj polovici XII mjeseca. U tom slučaju je godišnja količina električne energije u kondenzacionom pogonu 165 GWh a ukupna 310 GWh, sve na generatoru.

Izvjesne teškoće bit će u noćnom pogonu u mjesecima kada ima dovoljno hidroenergije. Radi tehničkog minimuma kotla bit će minimalno potrebno proizvoditi oko 70 t/h svježe pare — što daje oko 13 MW u protutlačnom pogonu, koje će elektroenergetski sistem nerado preuzimati. Toplana bi se mogla noću u ovakvom razdoblju obustavljati ako bi neka lokalna niskotlačna kotlovnica preuzela noćni parni konzum. Ima izgleda da će to biti kotlovnica jedne kemijske industrije.

Regulacija na oduzimanjima za snabdijevanje toplinskih mreža izvedena je automatski. Regulator pritiska oduzimanja 0,8—2,5 ata za toplovodno grijanje djeluje na leptiraste zaklopce, koji su ugrađeni u svaki od dva kanala, koji spajaju visokotlačno i niskotlačno kućište turbine. Ukoliko je željeni pritisak veći od onog koji bi se uspostavio normalnom ekspanzijom, prigušni zaklopac se pritvara tako da se pari povećaju otpori, pa se ispred zaklopca uspostavlja veći pritisak.

Pritisak na oduzimanju za parnu mrežu 7 ± 2 ata održava automatski regulator koji podešava količine protjecanja pare kroz srednjetlačni dio turbine, tako da se na oduzimanju iz tog dijela turbine dobije određeni pritisak bez prigušivanja pare.

TOPLINSKA SHEMA

Regeneracija turbinskog kondenzata, zagrijavanje dodatne pojne vode, zagrijavanje vode za ogrjevnu toplovodnu mrežu itd., predviđeno je po blokovima kotao-turboagregat.

Toplinska shema jednog bloka, s postrojenjima koja su zajednička za oba bloka, prikazana je na sl. 16 [9]. Na ovoj shemi zanemarene su poprečne veze između oba bloka koje će biti spomenute u ovom opisu.

O kotlovima, turbinama, redukcionim stanicama i glavnim oduzimanjima govoreno je već posebno. Na glavnom parovodu od kotla do turbine, ispred glavnog električnog zasuna odvodi se svježa para do turbonapojne pumpe. Pored direktne veze kotla i turbine jednog bloka, postoji i poprečna veza, preko razdjelnika svježe pare iz kojega se ujedno napajaju naprijed navedene redukcione stanice.

Druga poprečna veza je na nivou nereguliranog oduzimanja 23—37 ata, sa svojim razdjelnikom, koji napaja visokotlačne zagrijače napojne vode drugog stepena, a koji ima i rezervno napajanje preko redukcione stanice svježe pare.

Treća poprečna veza je na 7 ± 2 ata, također s razdjelnikom pare, iz kojega se glavni dio pare uzima za industrijsku parnu mrežu, a mali dio za regenerativno zagrijavanje napojne vode. I ovaj razdjelnik ima rezervno napajanje iz redukcione stanice. Para za industrijsku mrežu hladi se u hladioniku kapaciteta 125 t/h na temperaturu 180 do 200° C, odakle para odlazi direktno u mrežu. Ovakav sistem snabdijevanja mreže toplinom odabran je na bazi usporedbe sa sistemom snabdijevanja mreže preko parnih pretvarača. Pokazalo se da su kod sistema s pretvaračima pogonski troškovi veći, ukupno za oko 2 puta, uglavnom radi gubitka na adijabatskom padu u turbini za 5 ata (trebalo bi oduzimati kod 12 ata umjesto kod 7 ata) i radi većih investicija [6].

Konačno na strani pare postoji i poprečna veza s odgovarajućim razdjelnikom pare kod oduzimanja 0,8—2,5 ata iz kojeg se snabdijevaju zagrijači toplovodne mreže, a koji ima također svoje rezervno napajanje iz redukcione stanice svježe pare.

Na vodenoj strani postoje također izvjesne poprečne veze. Svrha svih poprečnih veza je u prvom redu postizavanje veće sigurnosti snabdijevanja toplinskog konzuma.

Toplinski ciklus regenerativnog uređaja za turbinski kondenzat jednog bloka obuhvaća hladionik pare ejektora, niskotlačne zagrijače, otplinjač i spremnik napojne vode. Niskotlačni zagrijači zagrijavaju kondenzat na tri toplinska nivoa (četvrtom, petom i šestom oduzimanju turbine).

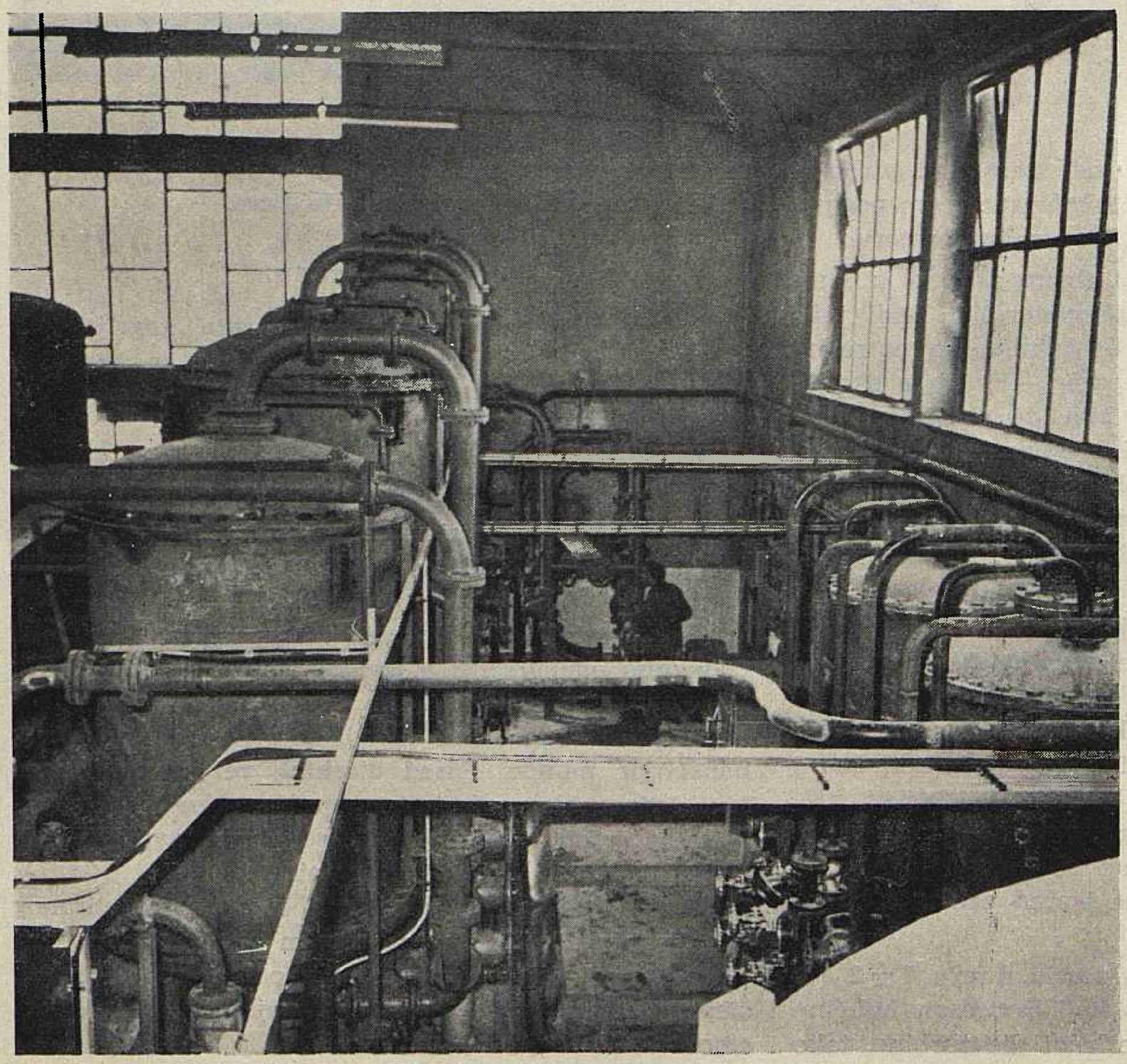
Vakuumski zagrijač turbinskog kondenzata prvog stepena radi zajedno s pridijeljenim hladionikom kondenzata. Kod niskih opterećenja niskotlačnog dijela turbine, odnosno u razdobljima u kojima se oduzima velika količina pare za industriju i toplovodno grijanje, ovaj hladionik neće raditi nego će se kondenzat ogrjevne pare ovog zagrijača slati direktno u kondenzator.

Ciklus dodatne pojne vode počinje od kemijske pripreme, odakle se prebacuje u spremnik predotplinjene vode, gdje se grije na 105° C i otpuštaju agresivni sastojci. Odatle se tlači preko posebnog zagrijača (grijanog parom iz četvrtog oduzimanja) u spremnik pojne vode. U spremniku predotplinjača skupljat će se i povratni kondenzat iz industrijske mreže, koji će biti čist ili prethodno pročišćen.

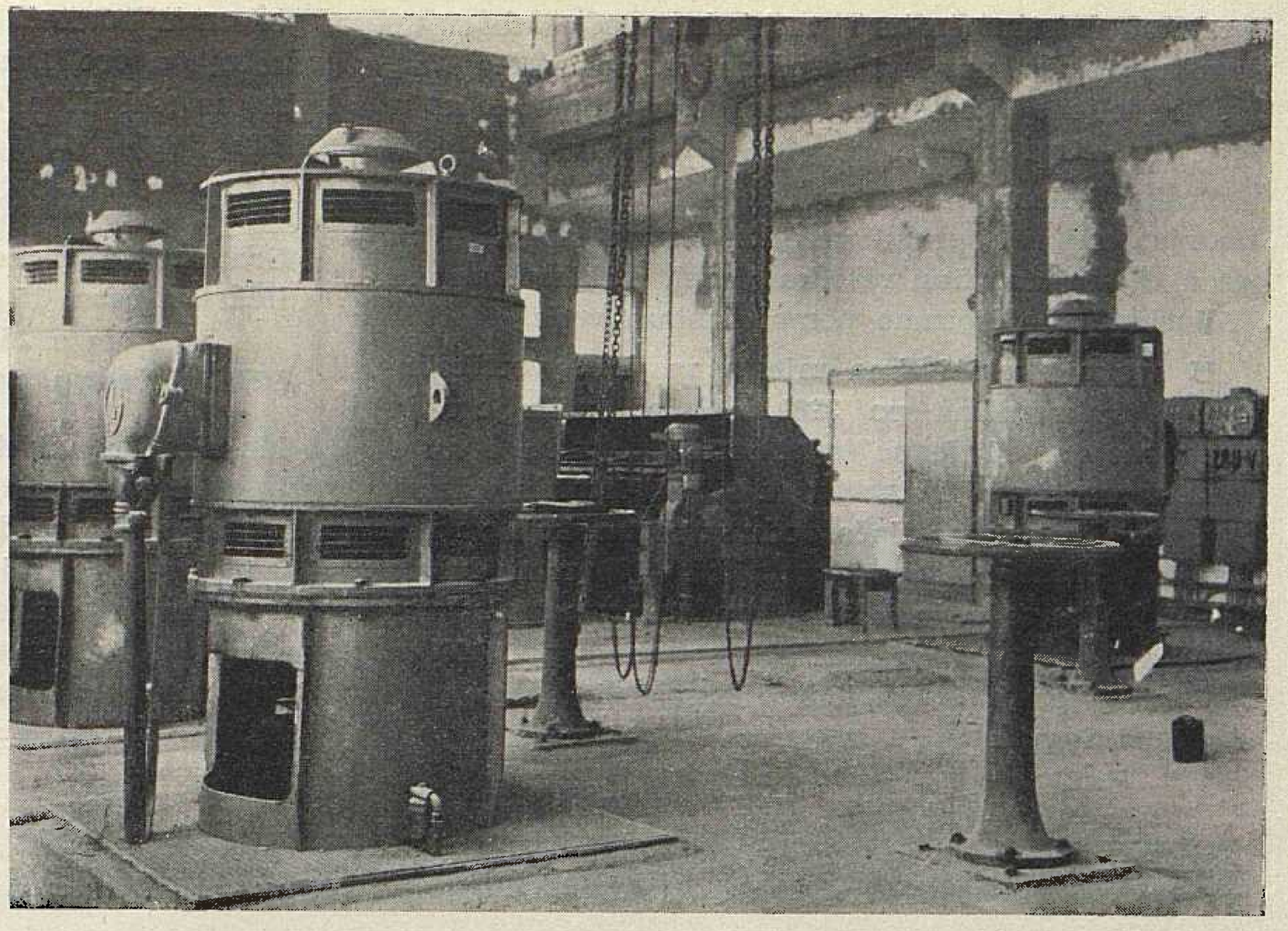
Posebni je ciklus kondenzata iz zagrijača toplovodne mreže, tj. on se predgrijava u posebnim zagrijačima i prebacuje u spremnik pojne vode, gdje se tako ujedinjuju vode iz sva tri opisana ciklusa.

Spremnici za pojnu vodu predviđeni su s grijalicama za dogrijavanje na 150° C. Na njih su direktno prigrađeni otplinjači s raspršavanjem i protustrujom ogrjevne pare. U tok kondenzata i dodatne vode umetnut je ispred otplinjača kondenzator otparka otplinjača.

Otplinjenu mješavinu dodatne vode i kondenzata tlači napojna pumpa u kotao preko dva visokotlačna zagrijača u seriji.



Sl. 19. Kemijska priprema vode u montaži



Sl. 20. Crpna stanica rashladne vode u montaži

Visokotlačni zagrijači priključeni su na prvo i drugo oduzimanje turbine i njima se pojna voda zagrijava do temperature 220° C.

Odvojeni ciklus mreže toplovodnog grijanja sastoji se zasad u I etapi od po 2 zagrijača na 120° C po 16,5 Gcal/h (grijani iz oduzimanja 0,8—2,5 ata) po svakom turbinskom bloku, koji su svi paralelno spojeni, zatim od cirkulacionih pumpi te jednog spremnika pretočne vode iz mreže, koji služi za izravnanje količina vode u cirkulaciji. Kasnije će biti u seriju s ovim zagrijačima dodani daljnji za dogrijavanje vode na 150° C, pomoću pare iz oduzimanja 7 ata.

KEMIJSKA PRIPREMA VODE

Kako je kod opisa toplinske sheme već rečeno, odabrano je iz ekonomskih i pogonskih razloga direktno snabdijevanje industrijske parne mreže, dakle bez parnih pretvarača, i time je ujedno stvorena situacija da se moraju kemijski pripremati velike količine dodatne kotlovske pojne vode, jer se veliki procenat industrijskog kondenzata neće moći upotrebljavati za napajanje kotlova. Time se predodredio i tehnološki proces kemijske pripreme tj. kompletna demineralizacija ionskim putem, kao najekonomičniji, najelastičniji i najelegantniji postupak [6 i 7].

Kapacitet demineralizacije odabran je tako da se nadoknađuje neiskoristivi kondenzat parne industrijske mreže i gubici u proizvodnom ciklusu Toplane. Kako je industrijska mreža dimenzionirana za 120 t/h i, kako se pretpostavlja da se neće moći koristiti velik dio kondenzata, odabran je kapacitet potpune demineralizacije vode za napajanje kotlova sa 2 kolone po 55 t/h i jednom rezervnom kolonom istog kapaciteta, jer se polaže velika važnost na sigurnost snabdijevanja kotlova, a time i toplinskih mreža. Radni period između dvije regeneracije je 20 sati, a trajanje regeneracije je 4 sata.

Posebno su postavljena dva izmjenjivača za umekšavanje vode kapaciteta 2×10 m³/h za manje zahtjeve dopune izgubljene vode u ciklusu toplovodne ogrjevne mreže. I ovdje je radni period po izmjenjivaču 20 sati.

Prethodni stepen za obje ove grupe kemijske pripreme jest dekarbonizacija vode, također na ionskom principu, kapaciteta 3×65 t/h, s radnim periodom po izmjenjivaču 20 sati.

Na slici 17 prikazan je shematski tok procesa. U prvom »kationskom« izmjenjivaču za dekarbonizaciju, oslobađa se voda samo kalcija i magnezija, a CO_2 kao ostatak izmjene odstranjuje se u deaeratoru rasprskavanjem vode u struji uzduha. Nakon toga se voda skuplja u betonskom spremniku zapremine 300 m³ i odatle se crpe prema namjeni ili za potpunu demineralizaciju ili za omekšavanje. Svaka kolona za demineralizaciju ima po jedan kationski kiseli, anionski bazični i jedan izmjenjivač »mixed-bed«. Demineralizirana voda na kraju je očišćena praktički potpuno od svih soli ali ima veliki sadržaj vodikovih iona ($pH = 7$) i zasićena je kisikom. Da bi se zaštitili cjevovodi i aparati na njenom putu do otplinjača i da bi se imala tražena pH vrijednost za napojnu vodu treba izvršiti korekciju pomoću dodavanja morfolina.

Otplinjavanje vrši se u 2 stepena (kako je pokazano na sl. 16, toplinska shema) i to u predotplinjaču kod 105° C, i u otplinjaču napojnog rezervoara kod 150° C. Ako to ne bi bilo dovoljno, ubacuje se još hidrazin za otklanjanje i zadnjih tragova zaostalog otopljenog kisika.

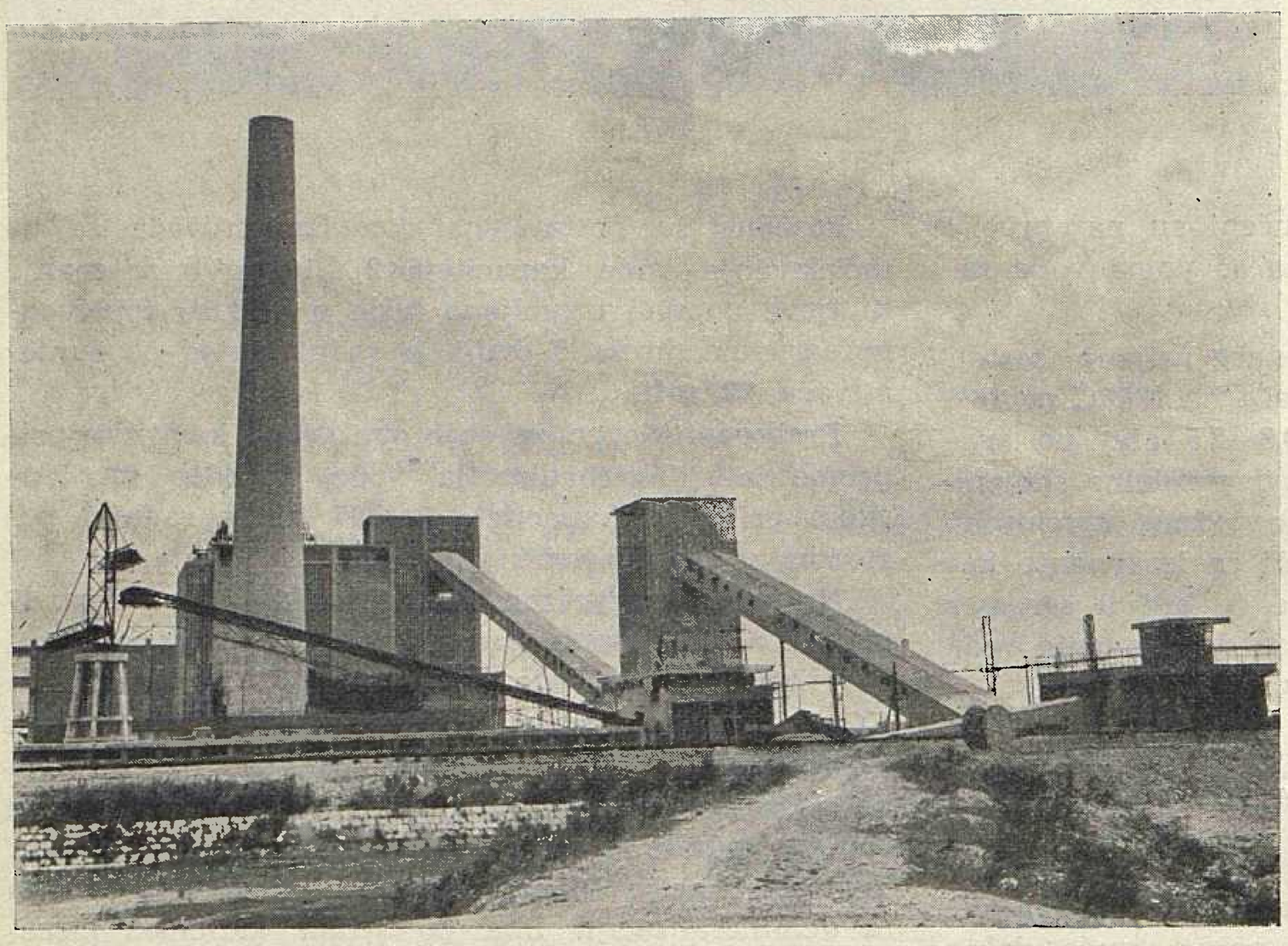
DOPREMA RASHLADNE VODE

Ukupni mogući instalirani kapacitet rashladnog sistema predviđen je za 3 agregata jednake veličine. Za kondenzaciju pare svake turbine potrebno je 5600 m³/h i 300 m³/h za hlađenje ulja turbine i zraka ge-

neratora, uz temperaturu rashladne vode od 17° C. Pumpna stanica na Savi izvedena je radi čišćenja za dva odijeljena toka vode, tako da pumpe rade u dvije nezavisne kolone.

Svaka kolona ima svoj sistem hidromehaničkih uređaja, najprije grubu rešetku, zatim mosnice, pa zasun te konačno finu rešetku s mehaničkim čistačem i rotaciono sito ispirano pomoću mlaza vode.

U svakoj koloni ima mjesta za po 3 vertikalne pumpe svaka učina po 3280 m³/h od kojih je sada montirano pet. Obje se kolone mogu spojiti otvaranjem zasuna koji je ugrađen u stijeni između usisnih komora. Sve pumpe tlače vodu u račvu koja se nastavlja u tlačni cjevovod promjera 1700 mm, dužine 364 m, kojim se voda šalje u kondenzatore i hladnjake ulja i zraka. Podzemnim kanalom dugim 100 m i zatim otvorenim kanalom dužine 145 m voda se ispušta u Savicu.



Sl. 21. Uređaji za transport ugljena

S desna na lijevo: komanda naginjača vagona, prvi kosi transporter, drobilica, drugi kosi transporter, transporter na skladišta, zaokretni transporter; sprijeda: horizontalni uzdužni transporter

UREĐAJI ZA TRANSPORT I USKLADIŠTENJE UGLJENA

Ugljen će se dopremati željeznicom na ranžirne kolosijeke Toplane, u relativno velikim količinima jer je riječ o lignitu male ogrjevne vrijednosti. Uređaji za istovar i interni transport računani su za tri kotla po 160 t/h i ugljen 1750 kcal/kg, što daje dnevno količinu od 4000 t uz faktor opterećenja 0,8.

Za ranžiranje i istovar vagona izgrađena su tri paralelna kolosijeka, na kojima će se ranžiranje obavljati električnim vitlima i posebnom lokomotivom. Da se može postići brz istovar vagona i tako svladati dnevni kapacitet istovara u dvije smjene, potreban je efektivni istovar i transportni kapacitet svih uređaja barem 250 t/h.

U traženju sistema istovara, koji bi osigurao visok efekt rada, a uz što manje investicione troškove, izabran je čelni naginjač vagona koji sa svoja dva nagibna mosta naginje po dva vagona istovremeno do na 60° u uzdužnom smjeru i tako iz njih istrese ugljen u podzemni bunker, odakle se sistemom traka ugljen prebacuje u drobilicu i odatle već izdrobljen po potrebi na skladište ugljena ili u bunkere kotlova (sl. 28).

Garantni podaci čelnog naginjača:

Bruto težina pojedinog od dva vagona: do 40 t,
Učin istovara: 15 vagona na sat s jednim nagibnim mostom a 25 vagona sa oba,
Učin pločastog transportera: 450 t/h.

Maksimalni efekt po tim podacima s vagonima nosivosti 15 t bio bi 375 t/h, a s vagonima 20 t čak 500 t/h. Računa se da će se uz ostvarivi stepen iskorištenja ovog postrojenja, naročito s obzirom na brzinu ranžiranja, svakako postići prosjek viši od 250 t/h, koliko je najmanje potrebno.

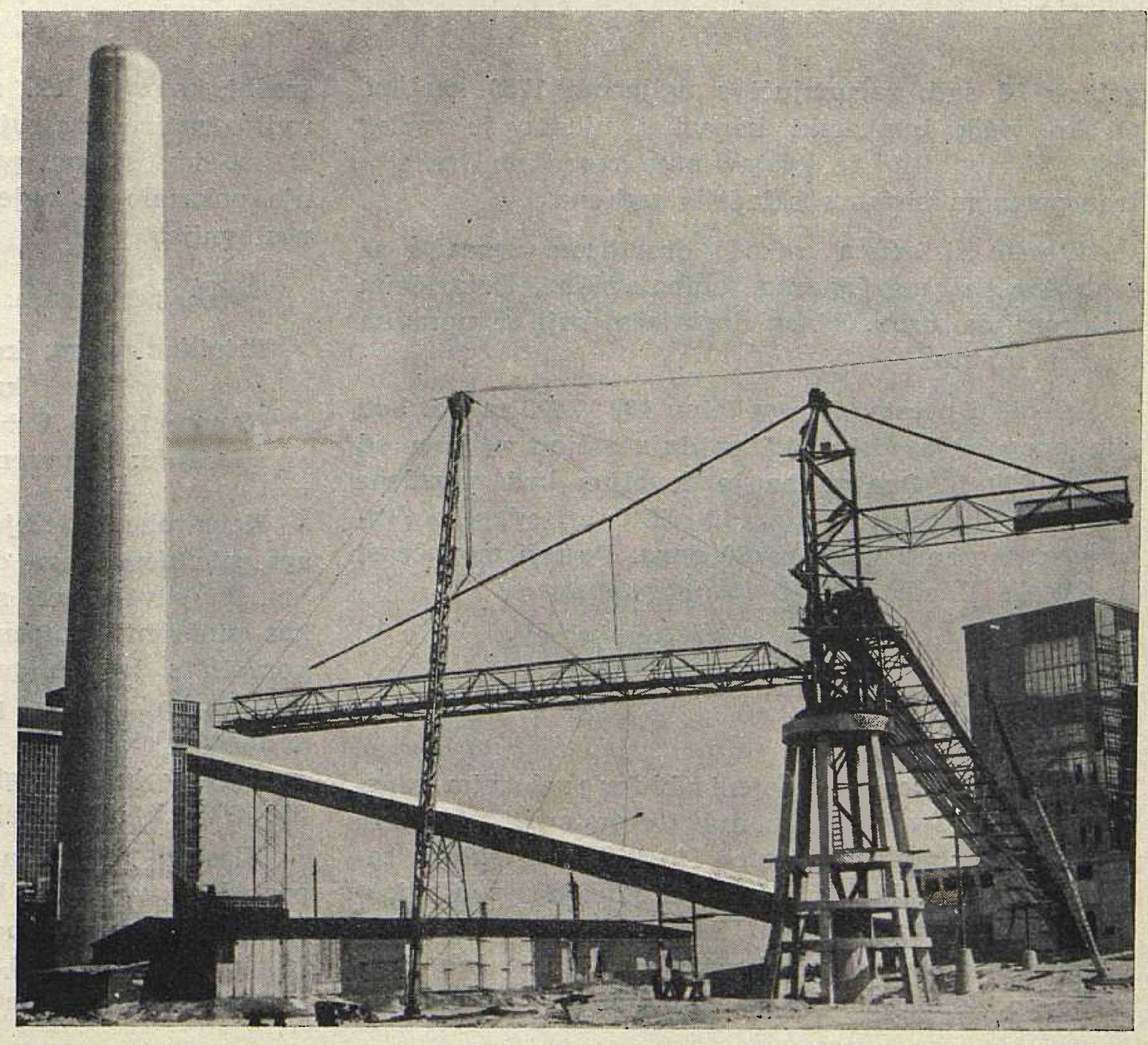
Svi transporteri na skladištu ugljena i do kotlovnice izvedeni su s po jednom gumenom trakom i imaju nazivni kapacitet 450 t/h, dok će stvarni biti svakako iznad traženih 250 t/h. Svi su transporteri natkriti i zatvoreni osim jednog, za koji se mogao dozvoliti manji stepen sigurnosti.

Ugljen se u drobilici vodi kroz dva separatora (2 × 250 t/h) i dva čekićara (2 × 150 t/h) i tako stvara granulat 0—35 mm. Na skladište se ovaj granulat baca preko gumenih traka jednog ravnog i jednog konzolnog zaokretnog transportera. Ugljen se rasprostire i valja po skladištu pomoću dva buldožera, koji ujedno po potrebi guraju ugljen na uzdužnu traku u nivou skladišta, kojom se on dalje prebacuje na prvi kosi, pa mimo drobilišnih uređaja na drugi kosi transporter u kotlovnicu.

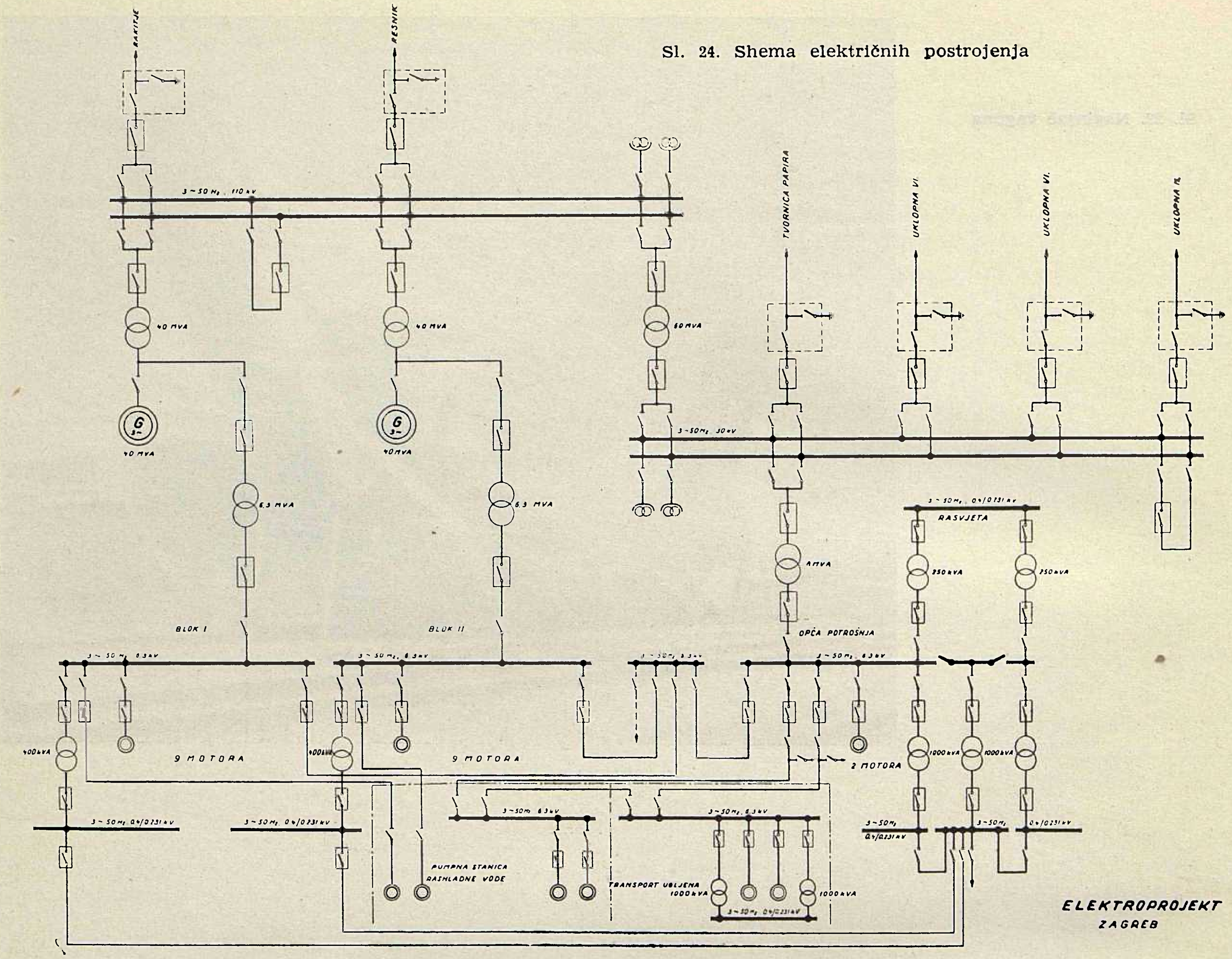
Bunkere za ugljen u kotlovnici alimentiraju po 2 fiksna i 2 reverzibilna transportera nazivnog kapaciteta 2 × 320 t/h. Svaki kotao ima 4 bunkera tj. za svaki mlin po jedan kapaciteta 300 t, odnosno 1200 t po kotlu, što je dovoljno za pogon kotla sa 160 t/h za



Sl. 22. Naginjač vagona



Sl. 23. Zaokretni transporter u montaži



Sl. 24. Shema električnih postrojenja

ELEKTROPROJEKT
ZAGREB

gotovo 18 sati, računajući s ugljenom 1750 kcal/kg. Ovako velik bunkerski kapacitet ujedno je razlog zašto se nije išlo na postavljanje rezervnih traka u transportnom sistemu skladišta ugljena.

Čitavim sistemom traka i drobilicom upravlja se centralno, s uobičajenim automatskim električnim blokiranjima, osim čelnog naginjača, koji se upravlja na licu mjesta.

Skladišni prostor ima veličinu 130 × 205 m, što kod nabijenog sloja visine 4,5 m daje zalihu ugljena od oko 80.000 t. Ova zaliha je dovoljna kod navedene dnevne potrošnje 4000 t za oko 20 dana, odnosno proporcionalno za 2 kotla za 30 dana. Postoji mogućnost proširenja skladišta na dvostruki kapacitet.

ELEKTRIČNA POSTROJENJA

Električna shema elektrane prikazana je na sl. 24 [9]. Generatori su spojeni u bloku s uzlaznim transformatorima i rade preko njih na prsten 110 kV koji povezuje sve gradske stanice 110/30 kV. U sklopu same elektrane nalazi se i takva stanica za sada s jednim transformatorom 60 MVA i sa svojim distribucionim rasklopnim uređajem 30 kV. Priključak elektrane na sistem 110 kV, a ne na 30 kV, iako neposredni konzum leži na tom naponu, projektiran je radi ograničenja struje kratkog spoja u gradskoj mreži kao i u samom postrojenju elektrane. Ovo rješenje pokazalo se najekonomičnije i pogonski najjednostavnije.

Podaci generatora:

Prividna snaga: kod cos φ = 0,8 40 MVA,
kao faznog kompenzatora 32 MVA.
Napon: 10.500 V + 10% —5%.
Hlađenje: zatvoreni ciklus zraka.

Konstrukcija ležaja, spojki i podmazivanja turboagregata dozvoljava da se svaki generator može mehanički odvojiti od svoje turbine i držati u pogonu kao sinhroni kompenzator. Ova mogućnost može se koristiti s jednim generatorom oko 6½ mjeseci godišnje, kad nema potrebe za proizvodnju dodatne kondenzacione radne energije. Ukupna količina jalove energije koju bi mogla proizvesti Toplana bila bi oko 250 GVArh u normalnoj hidrološkoj godini.

Vlastita potrošnja eletrične energije vezana neposredno uz blok kotao—turbina—generator—transformator prvenstveno se snabdijeva iz regulacionog transformatora 10,5/6,3 kV u otcjepu veze generator—blokovski transformator.

Ostala tzv. opća potrošnja snabdijeva se normalno iz regulacionog transformatora 30/6,3 kV. Svi motori iznad 100 kW rade direktno na 6 kV, dok su ostali na niskom naponu. Automatskim uređajem kod nestanka napona prekapčaju se pojedine blokovske vlastite potrošnje na opću potrošnju, pa na taj način transformator 30/6,3 kV služi kao rezerva za svaki blok.

Isti princip proveden je i kod napajanja potroška na niskom naponu. Osim toga postoji jedan transformator 6,3/0,4 kV kao rezerva za slučaj ispada bilo kojeg niskonaponskog transformatora, te odgovarajuće poprečne veze na niskom naponu između pojedinih grupa potrošnje.

Sva električna postrojenja visokog napona klasične su izvedbe, 110 kV na otvorenom, a ostala u zidanim ćelijama s pregradnim stijenama osim 6 kV uređaja u drobilici koje je u limenim ormarima. Transformatori 6,3/0,4 kV u zidanim su komorama, dok su transformatori 30/6,3 i 10,5/6,3 kV na otvorenom isto kao transformatori 110 kV.

DALJINSKO UPRAVLJANJE, AUTOMATSKA REGULACIJA, ZAŠTITA I MJERENJA

Daljinski su uređaji uglavnom grupirani u četiri centra:

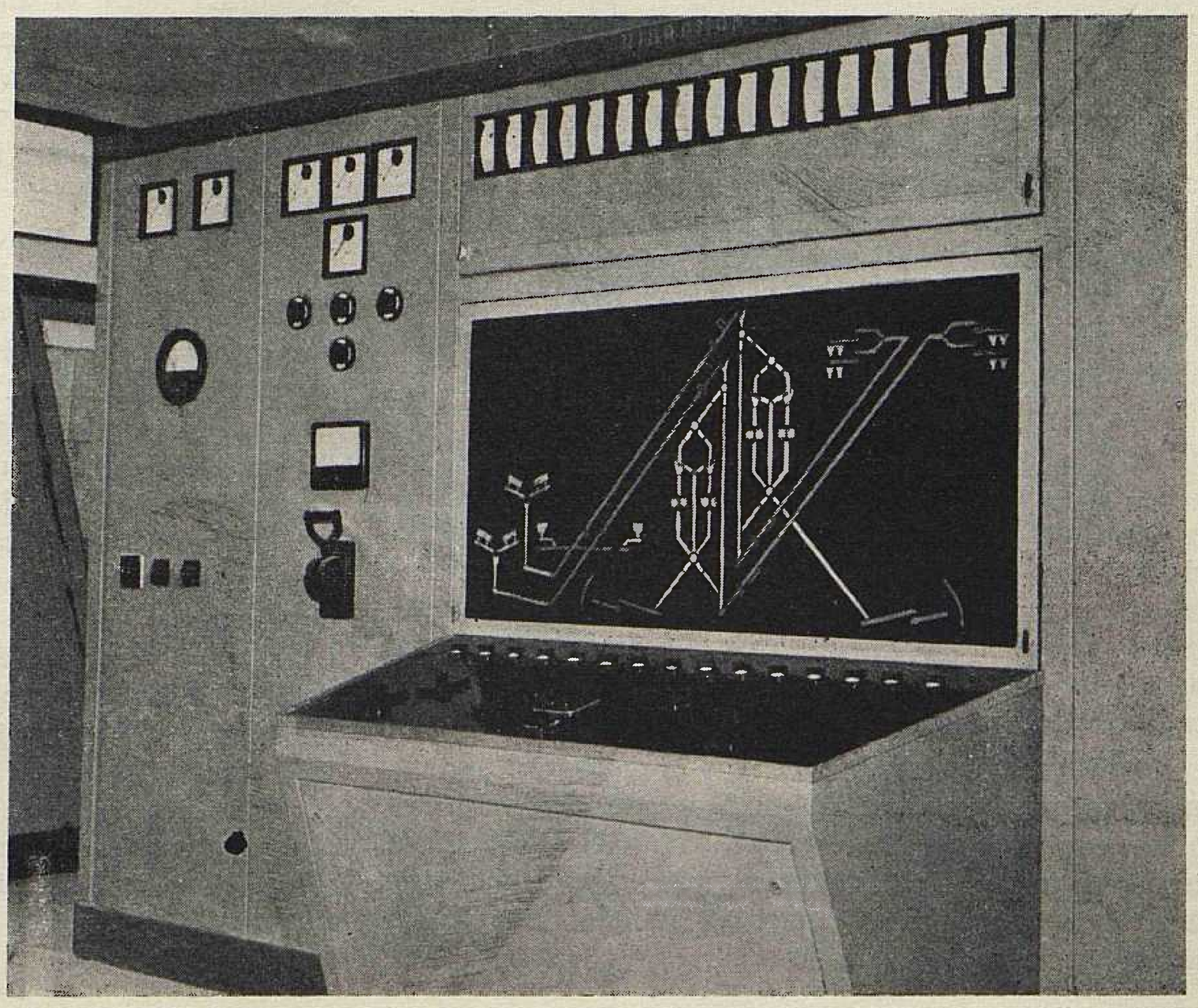
komanda za transport ugljena,
toplinska komanda,
turbinska komanda,
električna komanda.

U komandi za transport ugljena nalazi se ploča za daljinsko upravljanje cjelokupnog transporta ugljena, s uređajima za postepeno uključivanje pojedinih transportera, drobilice i drugih elemenata transportnog sistema, sa signalizacijom na svjetlećoj shemi i s kontrolnim instrumentima. Pogonski motori postrojenja među sobom su električki blokirani, tako da su nemoguće krive komande. U slučaju ispadanja bilo kojeg motora automatski će se isključiti određeni motori u transportnom sistemu, da ne dođe do nagomilavanja ugljena.

Iz toplinske komande upravlja se odnosno nadzire se rad kotlova, turbina, napojnih pumpi, čistila vode, redukcionih stanica, toplinskih stanica za toplinske mreže i same toplinske mreže.

Kotlovima se upravlja preko automatskih regulacionih uređaja i to s pet regulacionih krugova: za tlak, za izgaranje, za vodostaj, za temperaturu pare i za tlak u ložištu. Preko sklopki za ručnu regulaciju mogu se iz komande pojedini članovi za podešavanje namještati ručno, što je potrebno kod stavljanja kotla u pogon, kao i kod specijalnih promjena pogonskih stanja. U regulacionom krugu opterećenja postoje pored sklopki za ručnu regulaciju još i razdjelnici tereta i pojačalo impulsa. Preko razdjelnika tereta mogu oba dodavača goriva biti različito opterećena, npr. za slučaj raznih goriva ili nejednako iskorištenih mlinova. S pojačalom impulsa može se mijenjati odnos između pripadnih količina pare i goriva tj. pomoću količina pare određuje se upravo tolika količina goriva koliko je potrebno.

Sistem regulacije je elektropneumatski kod kojega se mjerene vrijednosti prenose električnim putem i izvršavaju pneumatskim što omogućava kontinuiranu regulaciju velike tačnosti, brzine i sigurnosti. K tome dolaze prednosti jednostavnog uzdržavanja. Na kotlovskim pločama i pultovima u komandi na-



Sl. 25. Komandna ploča za transport ugljena

laze se svi potrebni instrumenti za nadzor rada kotlova, tako i televizijski ekran za vodostaj, te u kotlovnici nije potrebna nikakova posada.

Turbinsku komandu čine normalni uređaji za upravljanje koji se stavljaju u djelovanje s turbinskih pultova uz turbine.

Turbinska regulacija, osim normalnih elemenata koji održavaju broj okretaja, ima specijalnu regulaciju za održavanje električnog opterećenja koja je potrebna s obzirom na dva regulirana oduzimanja za toplinske mreže. Zadatak je regulacije da uspostavi ravnotežu između dovedene i odvedene energije u ovisnosti od snage na stezaljkama generatora, a za slučajeve promjene na reguliranim oduzimanjima, kod čega kao kompenzator služi regulacija protjecanja kroz kondenzator.

Turbinska regulacija, kao što je uobičajeno, radi pomoću tlačnog ulja. U toplinsku komandu prenose se iz turbinskog sklopa samo mjerne vrijednosti dok je sva komanda na turbinskim pločama uz strojeve. Iz toplinske komande može se jedino udešavati pritisak obaju oduzimanja za toplinske mreže.

Radom redukcionih stanica i stanica za parnu i toplovodnu mrežu može se u potpunosti upravljati iz toplinske komande, kamo će se prenositi i registrirati mjerenja iz raznih tačaka parne i toplovodne mreže.

Sigurnosni i zaštitni uređaji turbine upotpunjeni su uređajima za mjerenje i registraciju temperatura kućišta visokog tlaka, vibracija turbinske i generatorske osovine te deformacija turbinske osovine, sve s alarmnim i registrirajućim uređajima, smještenim na turbinske pultove.

Elektrokomanda sadržava potrebne uređaje i instrumente za upravljanje i nadzor generatora, transformatora, svih polja 110, 30 i 6 kV kao i za pomoćne uređaje tj. ona je kombinacija elektronske i distribucione komande za gradsku mrežu. U komandi su nadalje koncentrirani svi registrirajući instrumenti, brojila i električni zaštitni uređaji.

Pored ovih mjesta koncentriranog upravljanja, automatizacije i nadzora postoji u Toplani nekoliko daljnjih grupacija aparata i instrumenata po pločama kao na primjer u kemijskoj pripremi vode, u toplinskoj pripremi vode, zatim na niskonaponskim razvodnim pločama kao i na raznim pojedinačnim mjestima, itd., što sve upotpunjuje veoma razvijenu mjernu i regulacionu tehniku po kojoj se ovaj objekt ubraja među najmodernije kod nas.

DISPOZICIJA I GRAĐEVINSKI OBJEKTI

Na sl. 28 prikazana dispozicija ima glavnu karakteristiku da su pogonski objekti raspoređeni u smjeru toka energije ugljen—kotlovnica—strojarnica—električni razvod u klasičnom rasporedu. Jedino kemijska priprema vode morala se smjestiti u posebnoj zgradi radi veličine postrojenja.

Strojarnica je uzdužna tj. s turboagregatima po uzdužnoj osi, da se radi njihovih velikih dimenzija dobije manji raspon dizalica. Na taj način uspjelo je ispod krana smjestiti uzdužno pored agregata pripadajuće zagrijače vode i napojne pumpe. Strojarnica je izgrađena za tri agregata.

Toplinska i električna komanda smještene su centralno s obzirom na os budućeg proširenog glavnog pogonskog objekta i to jedna nasuprot drugoj s obje strane strojarnice.

Prostorije električne vlastite potrošnje blokova smještene su na koti 0,0 bunkerske zgrade svaka uz svoj blok. Prostorija električne opće potrošnje nalazi se ispod toplinske komande.

Dispozicija svih objekata omogućava normalno proširenje Termoelektrane-Toplane.

Kotlovnica i strojarnica izvedene su u čeličnoj konstrukciji s težnjom da se dobije na brzini gradnje i većoj prilagodljivosti kod montaže opreme. Na to je djelovao u izvjesnoj mjeri i najpovoljniji ponuđač kotlova, koji je predložio specijalnu konstrukciju kotlova povezanu s konstrukcijom kotlovnice. Za svaki kotao postavljena je okvirna teška varena čelična konstrukcija, koja ujedno služi kao statičko uporište za zidove kotlovnice iz lagane čelične konstrukcije ispunjene pločama i staklom kao i za krov.

Dijelovi kotla smješteni su unutar te okvirne konstrukcije ili su obješeni na gornje rešetkaste nosače. tako da se kotao kao cjelina ne podupire na kotu 0,0 kotlovnice. Prednost je ovog rješenja slobodan prostor ispod kotlova za pogonske remonte.

I elektrokomanda je u željeznoj konstrukciji ovješenoj kao most između strojarnice i zidane zgrade rasklopnice 30 kV. Ostale zgrade su normalne armirane betonske konstrukcije.

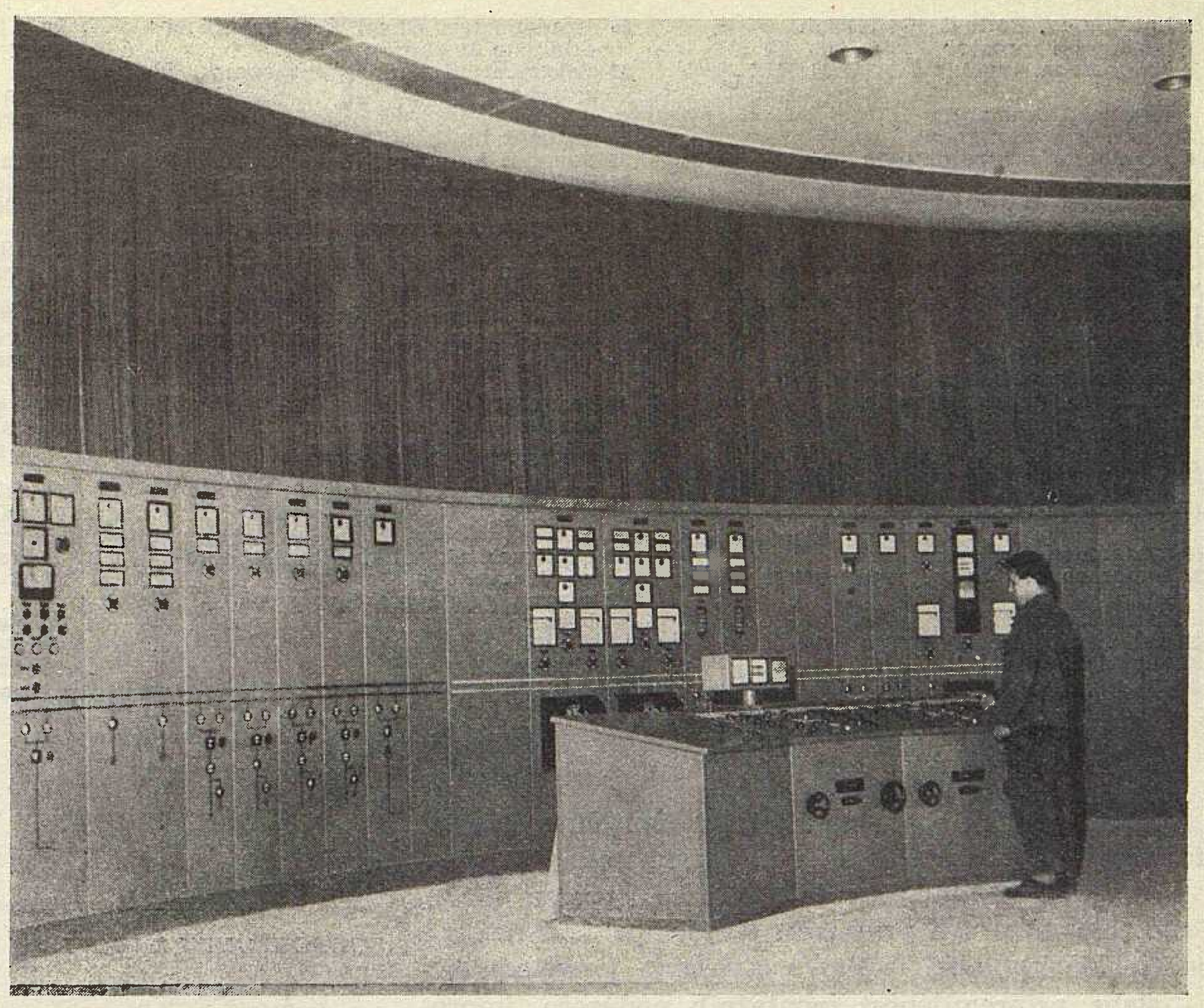
Temelji turboagregata su od monolitnog betona lijevanog u nepropusne kade od armiranog betona zbog podzemne vode.

Čitav teren nasipan je na kotu koja je nešto iznad katastrofalnog nivoa savske vode, pa su fundiranja dosta duboka a osim toga bilo je i slabih mjesta, jer se radi o starom koritu rijeke. Radovi temeljenja obavljali su se često ispod nivoa podzemne vode, pa se moralo raditi u žmurju. Kod pumpne stanice uz rijeku i kod građevina dubokog bunkera ispod čelnog naginjača vagona primijenio se bunarski način gradnje, pa su čitavi objekti pravokutnog tlocrta oko 200 m² spuštani do 7 m ispod podzemne vode.

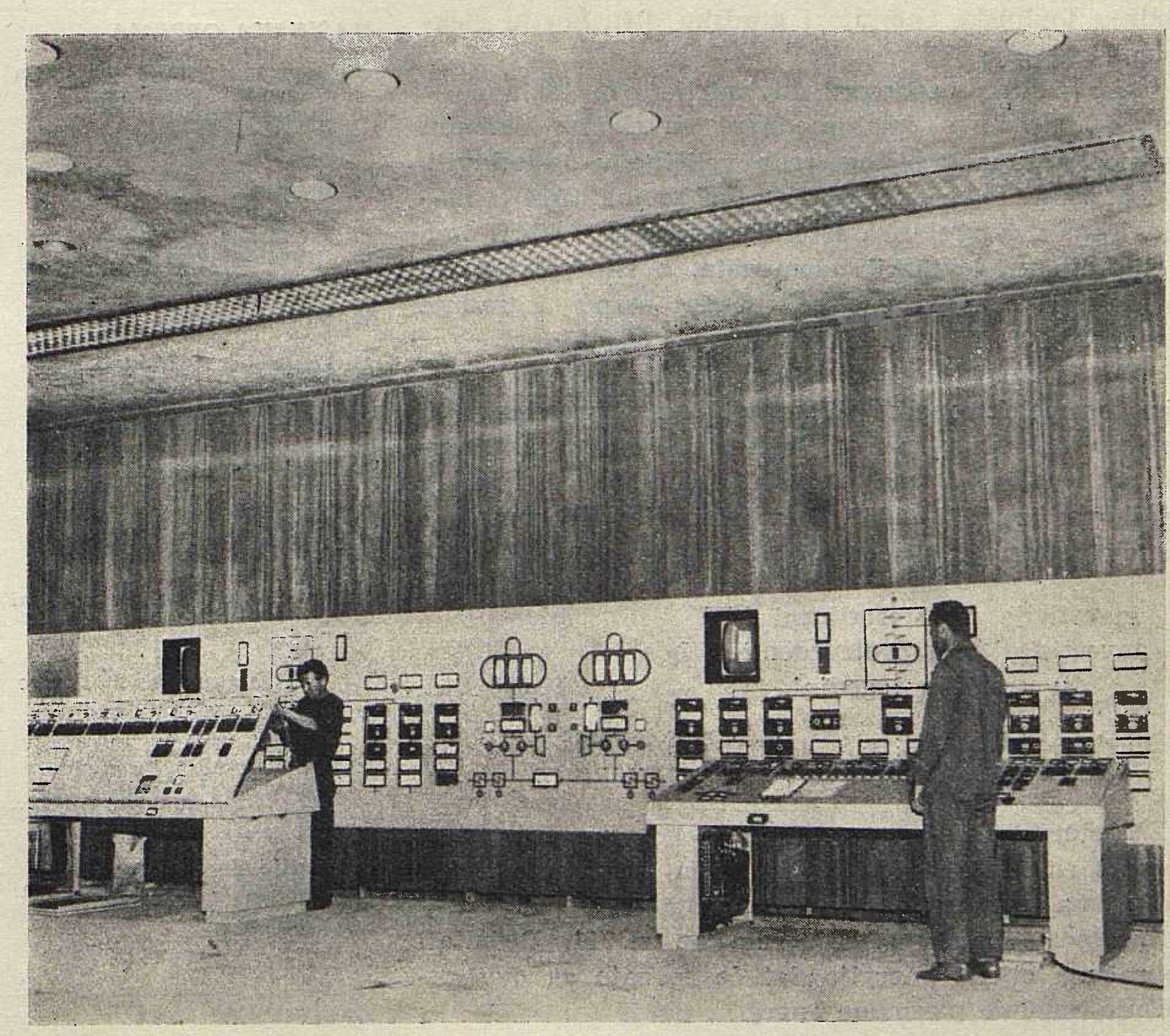
INVESTICIJE

Na bazi cijena i propisa koji su bili na snazi tokom gradnje i montaže od godine 1958—1962, dani su na tablici investicioni troškovi u milijunima dinara. Uvozna oprema računana je po kursu 1 SAD $ = 632 dinara, s time što je u grupi »ostalo« dodano za kursne razlike do 1 SAD $ = 750 dinara za onaj dio opreme za koji je važio taj kurs. Također su dodane na istom mjestu i carine i ostali troškovi vezani s uvozom opreme. Tablica daje dakle približno stvarne troškove, a ne planske ili svedene na cijene bilo koje godine. Približno zato jer objekt još nije dovršen i kolaudiran. U ukupnoj svoti ove tablice nisu sadržani interkalarni kamati, koji povećavaju investicionu svotu za 470 milijuna dinara.

Na visinu investicija djelovali su pored izbora tehnološkog procesa i glavnih parametara osnovne opreme, građevinskih i arhitektonskih rješenja još i ovi momenti:



Sl. 26. Električna komanda u montaži



Sl. 27. Toplinska komanda u montaži

1 kotlovnica, kotlovi 3 × 160 t/h
2 bunkerski prostor
3 strojarnica, turbine 2 × 32/36 MW

4 toplinska komanda
5 električna komanda
6 rasklopno postrojenje 30 kV

7 rasklopno postrojenje 110 kV
8 upravna zgrada
9 spojni hodnik

10 garderoba, praona i doručkovaona
11 radionica
12 skladište

13 radionička dizalica
14 kemijska priprema vode
15 skladište nafte

16 spremišta vozila i servisna radionica
17 pumpa za izdavanje nafte

19 vratarnica i ambulanta
21 bunar za pogonsku, požarnu i pitku vodu

22 skladište ugljena I etapa
23 septička jama
24 drobilica ugljena

25 transporteri fiksni i zaokretni za skladište (I etapa)
26 električni razvod za transport ugljena

27 uzdužni bunker I etape
31 dovodni kanal rashladne vode
32 tlačni cjevovod rashladne vode

33 pumpna stanica rashladne vode
34 odvodni betonski cjevovod rashladne vode

36 odvodni kanal rashladne vode
37 bager-pumpe za hidraul. otpremu pepela

40 buldožer
42 ulaz u uzdužni bunker
43 visokonaponska stanica

44 presipni uređaj uzdužnih transportera

45 elektrostatski filter dimnih plinova, I etapa
46 izlazna građevina kosog transportera

47 dimnjak I etape
48 ispušna jama

49 I kosi most
50 II kosi most

51 bazen vode za hidrauličnu otpremu pepela

52 kompresorska stanica
53 fiksni reper
54 fiksni reper

58a fiksna tačka parovoda i toplovoda

58b fiksna tačka parovoda i toplovoda
59 južna vrata

63 cjevovod pogonske vode
65 parovod industrijske pare
66 toplovod za grijanje

72 skladište ugljena II etape
73 naginjač vagona I etape

74 transporter fiksni i zaokretni II etape

78 elektrostatski filter dimnih plinova II etape
79 dimnjak II etape
81 parkiralište automobila

lokacija blizu obale na riječnim nanosima, duboko fundiranje i borba s vodom za vrijeme gradnje,

relativno veliki procenat domaće opreme (67%), koja je gotovo sva prvi puta izrađivana kod nas, pa je trebalo naplatiti troškove osvajanja proizvodnje,

slaba pripremljenost montažnih poduzeća, improvizacije,

relativno mnogo, za naše prilike, pripremnih radova, tj. prethodnih studija, projekata i priprema kadrova za pogon.

Opširna i detaljna analiza pokazuje da 68% iskazanih investicija terete proizvodnju električne energije, a da ostatak opterećuje druge namjene, tj. proizvodnju toplinske energije i gradsku distribuciju električne energije.

Ako želimo usporediti investicije ove toplane — termoelektrane s ostalim dosad završenim običnim termoelektranama istog reda veličine u Jugoslaviji, treba pored toga uzeti u obzir da promatrana termoelektrana u Zagrebu sa svojih instaliranih 64 MW ima velik dio građevinskih elemenata, a isto tako nešto pomoćnih uređaja za zaokruženu etapu izgradnje snage 3 × 32 MW = 96 MW.

Uzevši sve to u obzir, usporedive investicije s ostalim termoelektranama slične veličine u Jugoslaviji tj. one koje se odnose na dio kapaciteta objekta koji služi za funkciju termoelektrane a na bazi ostvarenih troškova iz 1958—1962. bez interkalarnih kamata i udjelom domaće opreme 67 % jesu ove:

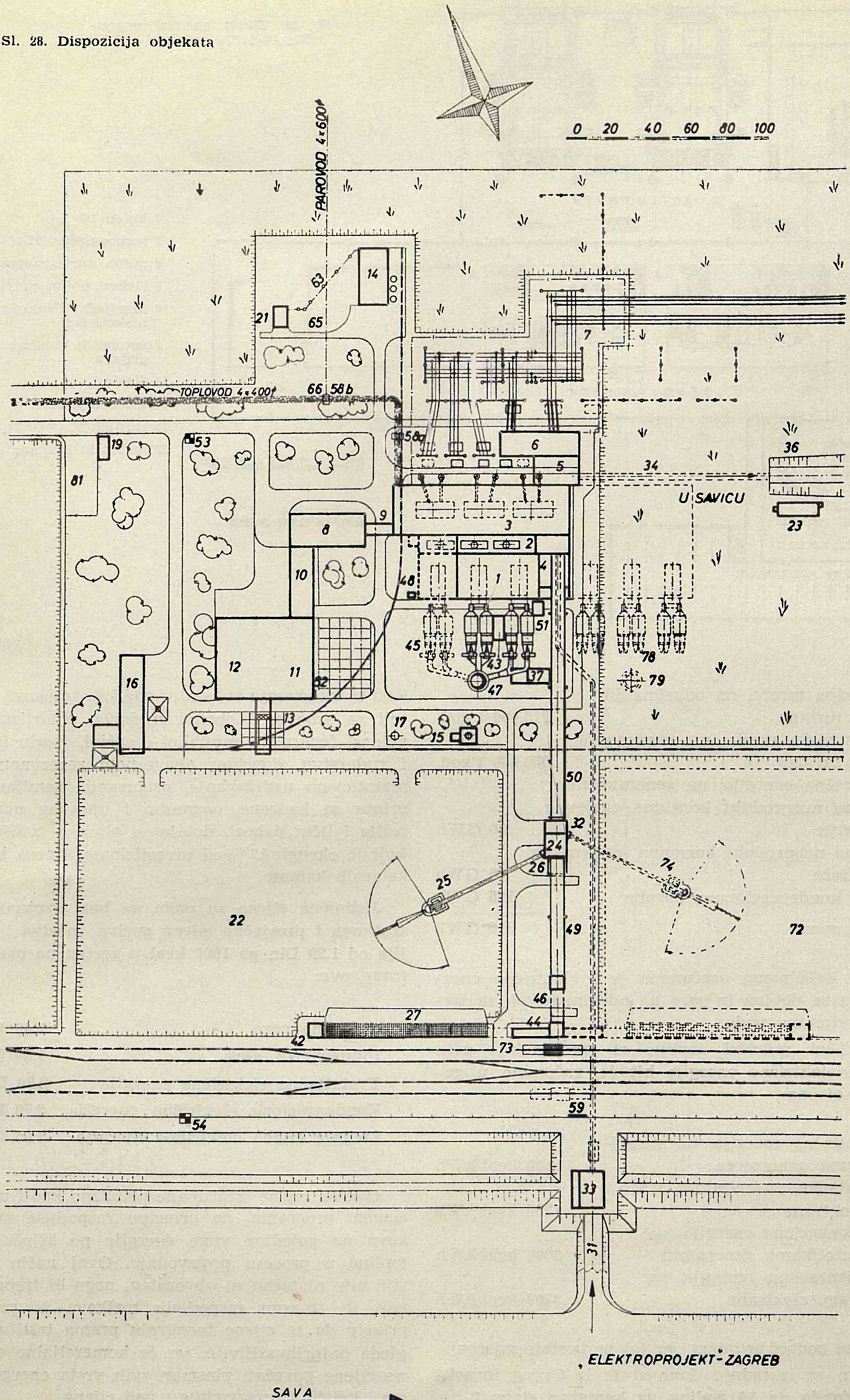
investicije za 1 instalirani kW	91.000 Din.
investicije za 1 proizvedeni kWh u prosječnoj godini	19.000 Din.

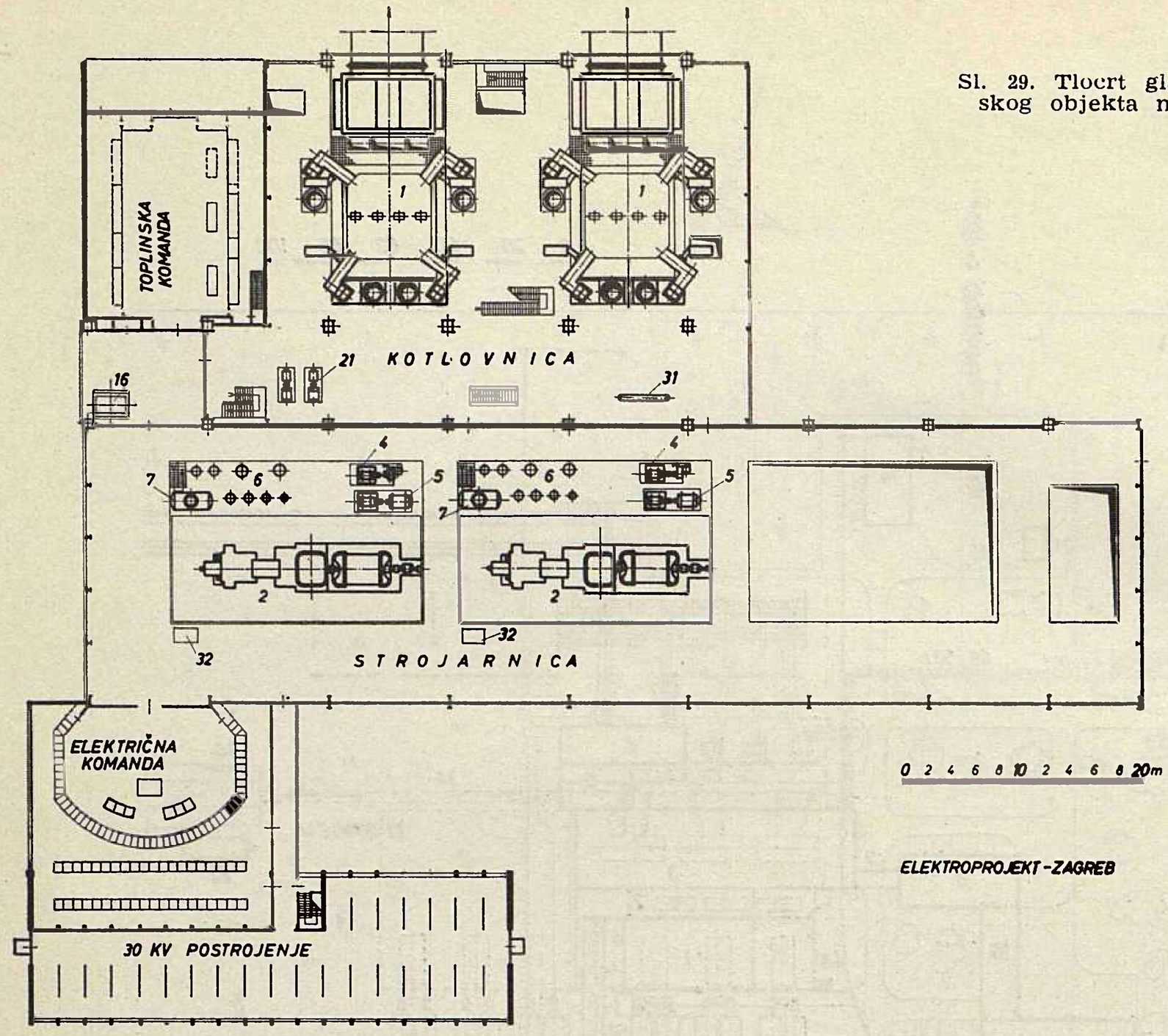
POTROŠCI TOPLINE I CIJENE ENERGIJE

Toplinske mreže građene su za konzum koji će se postići za 2—3 godine, a električni konzum određen je prema instaliranoj snazi turboagregata 2 × 32 MW i pretpostavkama uz dijagram na sl. 11. Rezultati obračuna cijena energije dat će se zato za ove godišnje količine plasmana energije, dakle za:

	Investicije		
	Domaće	Uvoz	Ukupno
GRAĐEVINSKI RADOVI	*2686,4*		*2686,4*
1. Pripreme i završni radovi	87,0		87,0
2. Industrijski kolosijek	300,8		300,8
3. Glavna pogonska zgrada	1244,5		1244,5
4. Dimnjak	91,1		91,1
5. Skladište uglja	219,7		219,7
6. Radionica, skladište i upravna zgrada	269,5		269,5
7. Opskrba čistom i pogonskom vodom	47,3		47,3
8. Nasipi, ceste i kanali	219,3		219,3
9. Pumpna stanica i rashladni sistem	189,3		189,3
10. Ograda i nasadi	17,9		17,9
MAŠINSKA OPREMA	*3094,8*	*1820,8*	*4915,6*
1. Doprema i priprema uglja	240,3	109,7	350,0
2. Kotlovsko postrojenje	1012,8	923,1	1935,9
3. Turboagregati	815,7	222,5	1038,2
4. Kemijska priprema vode	77,2	59,3	136,5
5. Regeneracija	141,6	18,4	160,0
6. Priprema pare i vode za industriju	52,5	19,4	71,9
7. Toplinska komanda	16,7	114,3	131,0
8. Otprema pepela i drozge	15,2	17,4	32,6
9. Cjevovodi za vodu, paru i drugo	264,1	241,0	505,1
10. Mosne dizalice	65,0		65,0
11. Doprema rashladne vode	98,1	24,8	122,9
12. Radionice, laboratoriji i drugo	94,6	43,3	137,9
13. Elektromotori	201,0	27,6	228,6
ELEKTRIČNA OPREMA	*781,1*	*110,0*	*891,1*
1. Transformatori	325,6		325,6
2. Aparati visokog napona	165,6	29,5	195,1
3. Komanda i zaštita	30,6	21,2	51,8
4. Kabeli	154,3	4,7	159,0
5. Pomoćni pogoni i materijal	105,0	54,6	159,6
OSTALO	*1333,6*	*967,8*	*2301,4*
1. Transport elektromašinske opreme	19,0		19,0
2. Montaža elektromašinske opreme	652,1	57,9	710,0
3. Transportno i montažno osiguranje	47,0		47,0
4. Troškovi vezani za uvoznu opremu, s carinama		900,9	900,9
5. Studije i projekti	228,5	4,0	232,5
6. Troškovi režije investitora	287,2	5,0	292,2
7. Otkupi i odštete	65,8		65,8
8. Probni pogon	10,0		10,0
9. Porez na promet kredita (0,25%)	24,0		24,0
SVEUKUPNO	*7895,9*	*2898,6*	*10794,5*

Sl. 28. Dispozicija objekata





Sl. 29. Tlocrt glavnog pogonskog objekta na koti +7,5

1 kotao 160 t/h
2 turboagregat 32/36 MW
4 pojna turbopumpa
5 elektr. pojna pumpa
6 zagrijači, visokotlačni i niskotlačni
7 spremnik kondenz. NT zagrijača
16 dizalo
21 uštrcne pumpe
31 razdjelnik pare 20 ata
32 turbinski komandni pult

Ogrjevna mreža, na oduzimanju iz turbina	215.000 t/god.
Industrijska mreža, na oduzimanju iz turbina	600.000 t/god.
Električna energija, na generatorima	
kao nusprodukt konzuma ogrjevne mreže	50 GWh
kao nusprodukt konzuma industrijske mreže	95 GWh
u kondenzacionom pogonu	165 GWh
ukupno	310 GWh

U ovim količinama uračunana je i električna energija koja se dobiva iz pare na oduzimanjima za termičku pripremu vode.

Specifični potrošci topline za proizvodnju ovih količina električne energije bit će, računano u gorivu, prosječno:

Protutlačna energija, na stezaljkama generatora	1100 kcal/kWh
Protutlačna energija, na pragu elektrane	1200 kcal/kWh
Kondenzaciona energija, na stezaljkama generatora	3000 kcal/kWh
Kondenzaciona energija, na pragu elektrane	3300 kcal/kWh

Ovi su podaci približni, jer još ne postoje mjerenja.

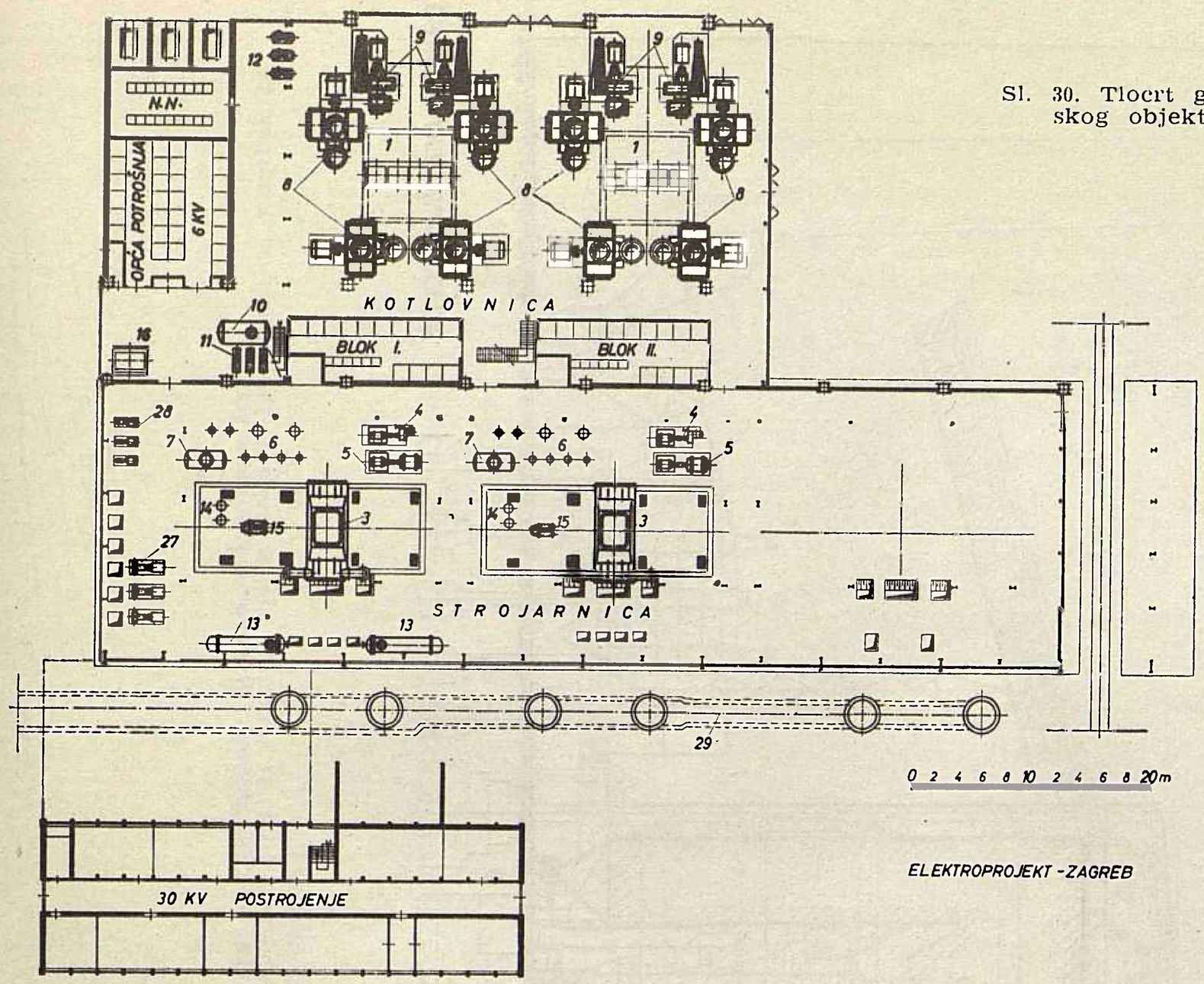
Zajam za izgradnju dobiven je iz Općeg investicionog fonda na 30 godina uz kamatnu stopu 2 %.

Kad se izračunaju svi stalni godišnji troškovi, tj. anuiteti za osnovna i obrtna sredstva, amortizacija, doprinosi federaciji, republici i općini, fondu industrije i rudarstvu, doprinos obaveznom rezervnom fondu, investiciono uzdržavanje, osiguranje, zemljarina, doprinos za kadrove, pogonska i upravna materijalna režija i lični dohoci, dobije se ukupan godišnji iznos koji je okruglo 12 % od investicionog iznosa bez interkalarnih kamata.

Jedinične cijene su onda na bazi ovakvih stalnih troškova i prosječne cijene goriva, maziva i kemikalija od 1,20 Din po 1000 kcal u gorivu na pragu elektrane, ove:

Ogrjevna para	1,40 Din/kg
Industrijska para	1,60 Din/kg
Protutlačna električna energija	2,80 Din/kg
Kondenzaciona električna energija	6,70 Din/kWh
Srednja cijena električne energije	4,95 Din/kWh.

Ove su cijene izračunane približno kao i u investicionom programu, na principu raspodjele svih troškova na pojedine vrste energije po ključu utroška topline u procesu proizvodnje. Ovaj način kalkulacije nije ni tačan ni obvezatan, nego bi trebalo računati ili stvarnu raspodjelu troškova ili primijeniti princip da se cijene formiraju prema tržištu, što izgleda najprihvatljivije, jer će komercijalno oblikovane cijene povećati plasman svih vrsta energije, a time i količinu proizvodnje i pad cijena.



Sl. 30. Tlocrt glavnog pogonskog objekta na ±0,0

1 kotao 160 t/h
3 kondenzator
4 napojna turbopumpa
5 elektr. napojna pumpa
6 zagrijači, niskotlačni i visokotlačni
7 spremnik kondenz. NT zagrijača
8 mlin za ugljen
9 tlačni ventilator
10 spremnik kondenz. odvodnjavanja
11 pumpe kondenzata odvodnjavanja
12 pumpe vode za hidraul. otpremu pepela
13 zagrijači ind. kondenzata
14 hladionici ulja
15 ejektor
16 dizalo
27 cirkulacione pumpe toplovodnog grijanja
28 kompresori zraka
29 kanal otpadne vode

Kao daljnji mogući princip obračuna predlagano je valoriziranje energije prema eksergiji, što bi dovelo do većeg favoriziranja ogrjevne topline. Zasad ova metoda ima samo teoretsko značenje.

U interesu što veće proizvodnje što jeftinije protutlačne električne energije treba se dakle informirati o tržištu na terenu ogrjevne i industrijske topline. Stalno praćenje situacije na tom tržištu bit će jedan od važnih elemenata za određivanje cijena toplinskoj energiji iz Toplane a time i upravljanja proizvodnjom protutlačne električne energije.

Sve dosadanje analize tržišta pokazale su da se može za toplinsku energiju iz Toplane lako postići stimulativna prodajna cijena na mreži kod potrošača, ali pod uvjetom da je postignut izvjestan količinski opseg potrošnje tj. da se Toplana i toplinska mreža privedu planiranom iskorištenju.

Za ilustraciju može se pokazati da se uz navedene cijene na pragu Toplane, kod potrošača dobiju cijene koje su za 30—60 % niže od pretpostavljene vlastite proizvodnje u individualnim kotlovnicama i drugih izvora topline.

Računski elementi za ovaj rezultat su slijedeći:

Investicije za industrijsku parnu mrežu bez priključka	750 mil. Din
Isto za ogrjevnu toplovodnu mrežu	860 mil. Din
Gubici u mrežama	10 %
Stalni godišnji troškovi	12 %

S ovim elementima dobivene su cijene kod potrošača:

za ogrjevnu toplinu	3,70 Din/1000 kcal
za industrijsku paru	2,00 Din/kg.

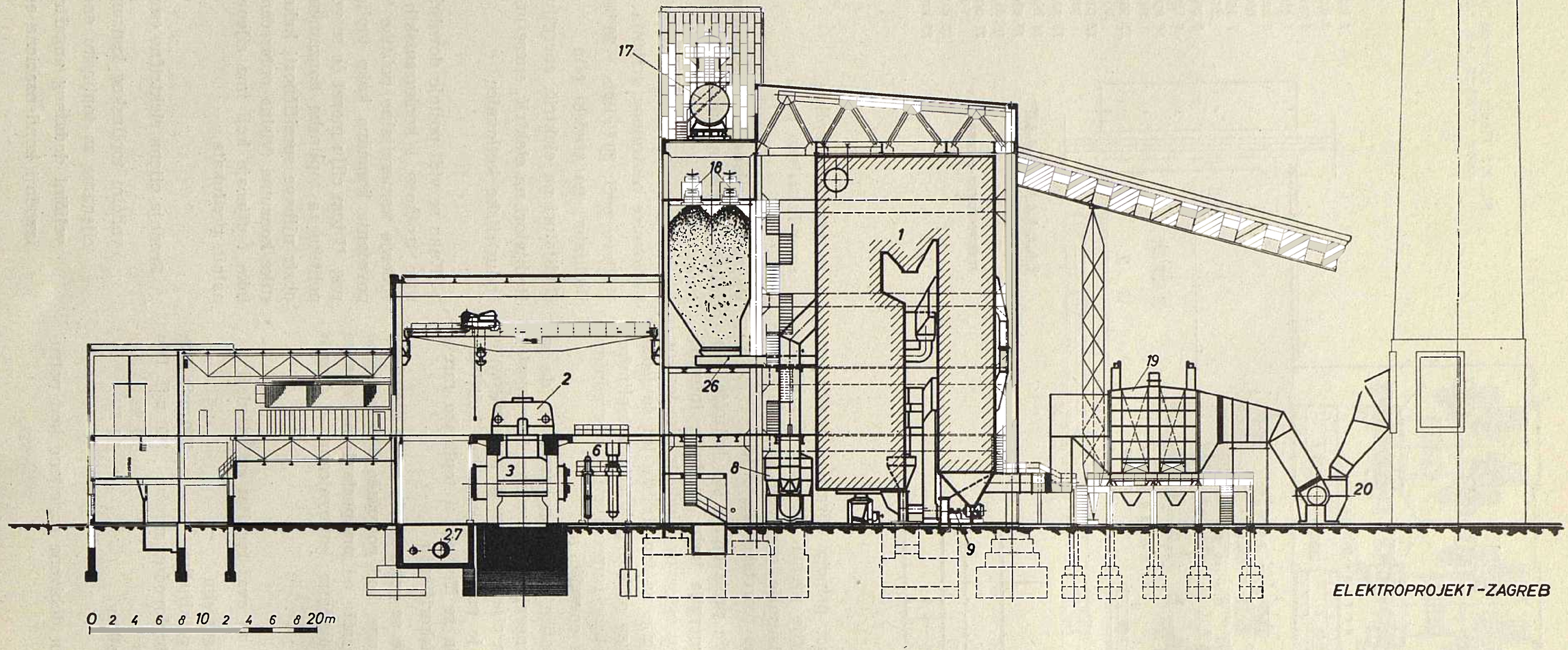
Da su ove cijene konkurentne na tržištu pokazuju rezultati proračuna drugih vrsta snabdijevanja toplinom:

Kotlovnice centralnog grijanja	5,0 Din/1000 kcal
Kaljeve peći, 80 % lign. + 20 % drvo	5,2 Din/1000 kcal
Radijatori na gradski plin	4,5 Din/1000 kcal
Radijatori na električ. energiju, dan	8,5 Din/1000 kcal
Radijatori na električ. energiju, noć	3,8 Din/1000 kcal
Industrijske kotlovnice	3,0—3,5 Din/kg.

Kako se vidi postoje dovoljni rasponi između vlastitih troškova i konkurentskih cijena na tržištu, za vođenje komercijalne politike Toplane, a sve u cilju povećanja konzuma kako toplinskog, tako i električnog. U tom cilju morat će se voditi i određena tarifna politika za toplinske konzumente, koja će uzimati u obzir njihove specifičnosti kako u pogledu karakteristike konzuma (visina opterećenja, trajanje potrošnje), tako i utjecaja koji ima cijena topline na cijenu finalnih produkata.

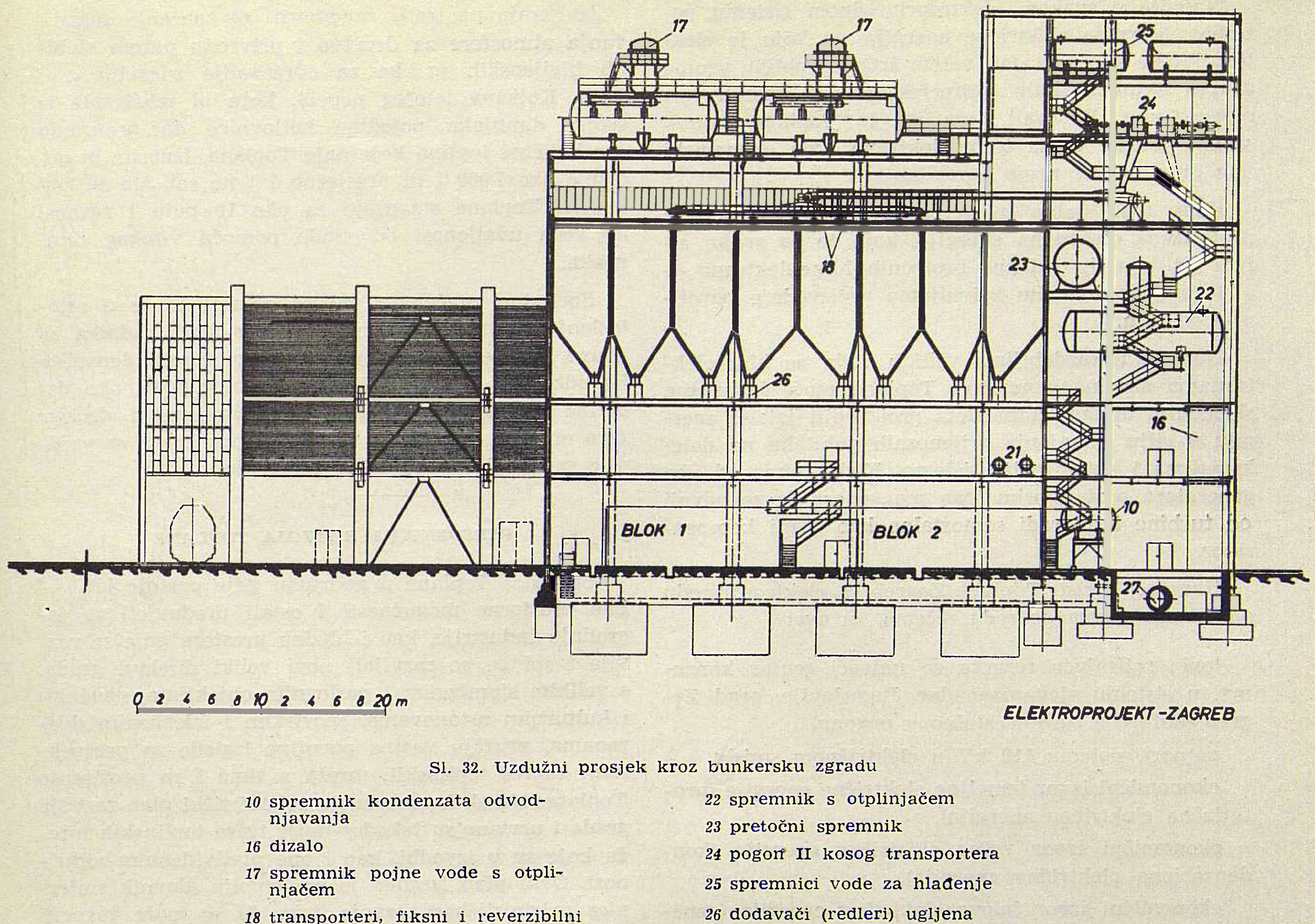
Srednja cijena električne energije ovisit će dakle o:

veličini toplinskog konzuma,
cijenama za toplinsku energiju,
veličini dodatnog angažiranja Toplane na proizvodnji kondenzacione energije.



Sl. 31. Poprečni presjek kroz glavni pogonski objekt

1 kotao 160 t/h; *2* turboagregat 32/36 MW; *3* kondenzator: *6* zagrijači VT i NT; *8* mlin za ugljen; *9* tlačni ventilator; *17* spremnik pojne vode u otplinjaču; *18* transporteri, fiksni i reverzibilni; *19* filter dimnih plinova; *20* usisni ventilatori; *26* dodavači (redleri) ugljena; *27* cjevovod rashladne vode



Sl. 32. Uzdužni prosjek kroz bunkersku zgradu

10 spremnik kondenzata odvodnjavanja

16 dizalo

17 spremnik pojne vode s otplinjačem

18 transporteri, fiksni i reverzibilni

21 uštrcne pumpe

22 spremnik s otplinjačem

23 pretočni spremnik

24 pogon II kosog transportera

25 spremnici vode za hlađenje

26 dodavači (redleri) ugljena

27 cjevovod rashladne vode

Čak i cijena same kondenzacione energije ovisit će o tome koliko će uspjeti prevaliti stalnih troškova Toplane na toplinski konzum.

U poslovanje Toplane unosi se za ostale termoelektrane u elektroprivrednom sistemu zaboravljeni način elastičnog oblikovanja cijena prema zahtjevima tržišta i borba za veću produktivnost.

Ipak ne treba zaboraviti da ekonomski zakoni neće sami djelovati na tržištu jer protiv njih djeluju sile inercije postojećih situacija, komoditeta i opozicije. Zato je centralizirano snabdijevanje toplinskom energijom, odnosno toplifikacija kad se misli na grijanje prostorija, u prvom redu dobra organizacija s odgovarajućom propagandom, koja povezuje materijalne mogućnosti i prednosti organizirane energetike s borbom za realizaciju programa izvođenja toplinskih mreža i priključivanja potrošača. U ovoj akciji mora predvoditi komuna u smislu planskog usmjeravanja i usklađivanja pojedinačnih interesa i uklanjanja zapreka, jer se zahvatom centralizirane toplinske energetike ujedno bitno zadire u rješavanje niza komunalnih problema, saobraćaja, stambene izgradnje, higijene itd.

KORISTI ZA ELEKTROPRIVREDU

Iako je procentualni udio snage Toplane Zagreb i budućih sličnih toplana u Jugoslaviji relativno malen u ukupnoj instaliranoj snazi termoelektrana, ipak svaka toplana kvalitetno mnogo znači u elektroprivrednom sistemu jer daje neprekinuto potporu sistemu u jednoj od najosjetljivijih konzumnih tačaka, u velikom gradu. Bez obzira na svoje momentano opterećenje, toplane su tople rotirajuće rezerve, koje mogu podržati kontinuirano snabdijevanje električnom energijom u gradovima udaljenim od osnovnih velikih elektrana u svim onim mnogobrojnim slučajevima slabosti sistema, kao što su slabi naponi, ispadanje energije, preveliki prijenos jalove energije itd. Veliki gradovi imaju koncentriranu i veliku industrijsku proizvodnju čije ispadanje iz pogona radi nestanka energije čini znatnu materijalnu i moralnu štetu. Tako Zagreb na primjer učestvuje s preko 50 % u društvenom proizvodu NR Hrvatske, pa je očito zadaća i dužnost elektroprivrede da poduzme sve moguće da se u ovakvom centru potrošnje osigura do maksimalnih tehničkih i ekonomskih granica stalnost i kvaliteta snabdijevanja električnom energijom.

Nadalje u svakom elektroprivrednom sistemu potrebna je vršna električna energija, za koju je elektroprivreda spremna dati velike žrtve, u obliku veoma skupih akumulacionih hidroelektrana ili vršnih termoelektrana. Pokazali smo da je Toplana Zagreb veoma jeftina vršna termoelektrana i da ekonomski ima prema tome svoje opravdanje.

Osim toga stalno će se proizvoditi veoma jeftina protutlačna električna energija, koja će po svojoj cijeni biti u redu veličine protočnih hidroelektrana — a po svojim dnevnim krivuljama proizvodnje povoljnija od njih.

Nadalje u razdobljima velikih voda na hidroelektranama sistema generatori Toplane moći će svojim slobodnim dijelom kapaciteta proizvoditi jalovu energiju u cilju smanjenja prijenosnih gubitaka na dalekovodima i stabilizacije sistema. Kod svakog od oba generatora postoji osim toga mogućnost da se odvoji od turbine i da radi samostalno kao fazni kompenzator.

Ukratko, koristi Toplane Zagreb za elektroprivredu na temelju svega do sada rečenog su ove:

topla rotirajuća rezerva za najveći centar konzuma, u sistemu sjeverozapadne Jugoslavije, grad Zagreb (kotlovi i turbine stalno u pogonu),

potpora sistemu 110 kV u električnom smislu,

ekonomični izvor temeljne električne energije (protutlačna električna energija),

ekonomični izvor vršne električne energije (kondenzaciona električna energija),

ekonomični izvor jalove električne energije (generatori kao fazni kompenzatori).

KORISTI ZA NARODNU PRIVREDU I SOCIJALNO ZNAČENJE

Pored užih koristi za elektroprivredu, kao dijelu narodne privrede, daljnje koristi su prvenstveno na području potrošnje ugljena. Pokazali smo da će Toplana u prvoj etapi izgradnje davati godišnje industriji 600.000 t pare, a za grijanje toplovodne mreže 215.000 t. Kada bi potrošači sami proizvodili odgovarajuće količine topline utrošili bi za 85 % više goriva nego što će ga trošiti Toplana u tu svrhu, a to znači, na primjer preračunato na lignit od 2350 kcal/kg, 220.000 t više lignita godišnje. Rudnički kapacitet te veličine stoji preko milijarde dinara investicija, a sve pojedinačne kotlovnice koje bi trebalo izgraditi 1,5 milijarde dinara. K tome treba još pribrojiti i investicije za željeznički vozni park za prijevoz tog ugljena do potrošača od cca. 200 milijuna dinara, pa da se vidi koliko Toplana ušteđuje sekundarnih investicija. Ako se k tome uzme u obzir da je Toplana građena da može trošiti sitne, otpadne vrste slabijeg goriva, dok pojedine kotlovnice traže kvalitetnija goriva, onda se tek vidi kakvu će krupnu pozitivnu ulogu imati Toplana u bilanci goriva. Dodavši k tome veliki stepen automatizacije u Toplani, pa koncentrirani dovoz i odvod goriva i drozge, onda se vidi da je to **jedna od najkorisnijih racionalizacija na industrijskom i komunalnom planu u našoj zemlji.**

Na kraju ne treba zanemariti ni značenje zagađivanja atmosfere za društvo i privredu putem slabijih higijenskih prilika za održavanje zdravlja građana. Količina letećeg pepela, koju bi izbacivale iz svojih dimnjaka pojedine kotlovnice da proizvedu one količine topline koje daje Toplana, iznosile bi godišnje oko 7.000 t ili prosječno 1 t na sat, što se kod pogona Toplane smanjuje za oko 10 puta i raznosi na veću udaljenost od grada pomoću visokog dimnjaka.

Socijalno značenje Toplane odrazit će se u oslobođenju znatnog broja ložača i pomoćnih radnika za druge kvalitetnije poslove, a mnogobrojnih domaćica i trudbenika od mučnog svakodnevnog posla oko dopreme goriva, loženja peći i odstranjivanja drozge. Ovo vrijeme moći će se korisnije upotrijebiti za vrednije radove i intelektualno uzdizanje.

PERSPEKTIVA RAZVOJA TOPLANE

Smještaj Toplane u području gdje postoje još velike prostorne mogućnosti i ostali preduvjeti za izgradnju industrije, kao i blizina prostora gdje se razvija i još će se razvijati novi veliki dijelovi grada, s velikim stambenim i poslovnim objektima, naučnim i kulturnim ustanovama, sportskim i izložbenim dvoranama, pružaju veoma povoljne izglede za perspektivni razvoj toplinskih mreža a time i za proširenje Toplane. Na sl. 2 pokazan je urbanistički plan razvoja grada i ucrtane su također linije trasa toplinskih mreža koje su u izvedbi, kao i one predviđene za budućnost. Ovaj plan izrađen je na temelju glavnih smjernica urbanističkog razvoja, tako da se može govoriti da predstavlja fizionomiju grada za budućih 20—30 godina. Južni dio grada, naročito onaj južno od Save, zasnovan je na modernoj mikrorajonskoj organizaciji s visokim stambenim zgradama i pratećim objektima, kao što su servisne i školske ustanove. Srednji dio grada, od željezničke pruge do Save dobit će osim onih u gradnji, još niz velikih poslovnih, administrativnih i kulturnih objekata, te niz stambenih interpolacija, što će dati izvanredno povoljnu gustoću za toplinski konzum.

Za industriju predviđeni su još relativno veliki kompleksi u Žitnjaku i nešto južno od Save na suprotnoj obali od Toplane. Na užem području grada ostat će samo mali industrijski pogoni, koji ne djeluju štetno na život u gradu.

Toplana može odgovoriti povećanjem svojih kapaciteta na rastuće potrebe toplinskog, a time i električnog konzuma. Već u sadanjoj etapi izgradnje postoji mogućnost dodavanja bez većih daljnjih troškova trećeg kotla, a zatim i treće turbine. Koncepcija rješenja dispozicije Toplane je takova, da je proširenje čitavog objekta na dvostruki ili trostruki kapacitet moguće, za što postoje i ostali preduvjeti. Najvažnije, dovoz goriva, bit će u budućnosti lakše savladati nego danas, jer će se južno od Toplane, na drugoj obali Save razviti novi željeznički čvor, a također je započela akcija za izgradnju Savske luke na 8 km od Toplane.

Perspektive, ovdje grubo ocrtane. popunjuju sliku o osnovnim crtama projekta Toplane bez čega se ne bi imao cjeloviti uvid u široke horizonte čitave ideje o toplifikaciji najvažnijih dijelova Zagreba i konačnoj veličini značenja Toplane za elektroprivredu.

GLAVNA DOKUMENTACIJA

[1] Ing. J. Mihajlov, *Toplana Zagreb II, energetski i ekonomski razlozi za njenu izgradnju,* Institut za elektroprivredu 1955.

[2] Ing. M. Biljan, *Generalni projekt toplinske mreže TE Zagreb II,* Elektroprojekt 1957.

[3] Ing. Mihajlov, ing. Matjan, ing. Baranović, *Investicioni program,* Elektroprojekt 1957.

[4] Ing. R. Pećarić, *Studija vrelovoda,* Mašinoprojekt 1960.

[5] Časopis »Energija« 10 (1961) br. 5—6.

[6] Ing. I. Lončar, *Toplinski pretvarači ili potpuna demineralizacija dodatne vode,* Elektroprojekt, 1958.

[7] *Kemijska priprema vode,* Glavni projekt, Energoinvest 1960.

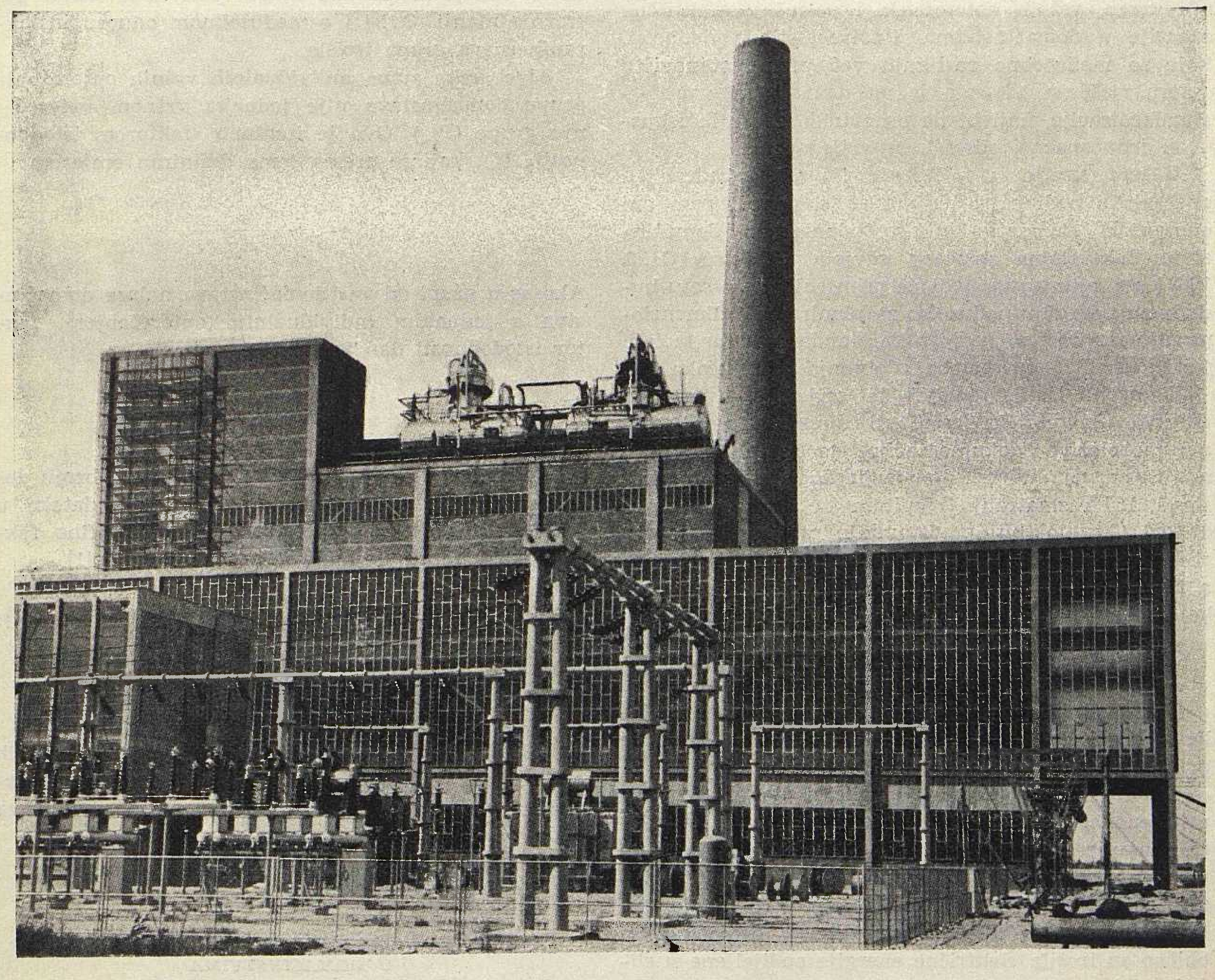
[8] Časopis BWK 13 (1961) br. 7.

[9] Ing. A. Gačina, ing. Lj. Matjan, ing. M. Šimunić, *Glavni projekt strojarskog i električnog dijela,* Elektroprojekt 1958—1961.

[10] *Nacrti AEG* Z10 Nr. 4197 4209.

[11] Ing. M. Hamel, *Glavni građevinski projekt,* Plan 1958—1961.

Naslov pisca: Ing. Borivoj Baranović, Termoelektrana-Toplana Zagreb, Zagreb, Gundulićeva 32



Sl. 33. Pogled na sjevernu fasadu strojarnice i postrojenja 110 kV

ENERGETSKE PODLOGE ZA DIMENZIONIRANJE DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Miroslav Balling, Zagreb

Iznose se energetske podloge u kojima su standardizirani svi oni energetski elementi, koji se odnose na domaćinstva. Kategorizirani su pojedini potrošači u domaćinstvu po energiji i po snazi uzimajući u obzir druge oblike energije, osim električne. Analiziran je cijeli standard i predloženi su pojedini faktori potrebni kod planiranja. Članak je zanimljiv za planiranje instalacija i mreža i svih elemenata, koji ovise o potrošku u domaćinstvu.

DK 621.316.1

UVOD

U planiranju i dimenzioniranju elemenata perspektivnih distributivnih mreža, veliku ulogu imadu predviđena opterećenja i potrošnja električne energije u domaćinstvima. U dosadašnjim radovima na tom području (osnovna rješenja gradskih i pokrajinskih mreža) primjenjivan je niz vrijednosti instaliranih snaga, vršnih opterećenja i potrošnje električne energije u domaćinstvima. Upotreba tih vrijednosti, koje se međusobno razlikuju već prema stanovištu autora rješenja, ukazala je na nužnost dogovora — standardizacije, koji bi na osnovu dosadašnjih iskustava, jednoznačno, odredili te vrijednosti.

U tom smislu, u »Elektri« Zagreb, izrađene su energetske podloge u kojima su standardizirani oni energetski elementi koji se odnose na domaćinstva. Zaključkom stručnog savjeta »Elektre« (1. 6. 1962.) ove energetske podloge primjenjivat će se u buduće na području poduzeća: za planiranje i dimenzioniranje mreže, kao podloga za standardizaciju kućnih priključaka, za energetska odobrenja priključaka itd.

U ovom članku iznijet je prijedlog usvojen u »Elektri« Zagreb. Pri izradi prijedloga uzeta je u obzir raspoloživa dokumentacija, te realne okolnosti naših područja u pogledu standarda života domaćinstava. Pri razmatranju rezultata treba uzeti u obzir, da oni u svojoj biti predstavljaju prognozu perspektive potrošnje električne energije u domaćinstvima, a ta, kao svaka prognoza, sadržava niz nepoznanica, koje se ne mogu predvidjeti.

OPĆI POJMOVI I DEFINICIJE

Instalirana snaga domaćinstva (P_i) je suma instaliranih vrijednosti svih trošila električne energije priključenih na istu instalaciju.

Instalirana snaga ovisi o veličini stana, o načinu primjene električne energije u domaćinstvu (rasvjeta, kuhanje, grijanje itd.), o veličini aparata, o broju članova domaćinstva, o životnom standardu domaćinstva, o klimatskim uvjetima mjesta stanovanja itd.

U analizama instaliranih vrijednosti domaćinstava obično su trošila električne energije podijeljena u slijedeće grupe po namjeni trošila:

rasvjeta,
grijanje prostorija i vode (peći i bojleri),
kuhanje (štednjaci i kuhala),
kućanski aparati (glačala, hladnjaci, aparati za pranje itd.),
ostali aparati (radio, televizor).

Sva trošila električne energije u jednom domaćinstvu u pravilu nisu priključena istovremeno. Maksimalno vršno opterećenje, koje se pojavi u toku godine na mjestu priključka domaćinstva, zove se vršno opterećenje domaćinstva (P_v). Odnos vršnog opterećenja domaćinstva (P_v) i instalirane snage (P_i) zove se faktor potražnje

$$f_p = P_v / P_i$$

Faktor potražnje ovisi u prvom redu o instaliranoj snazi: čim je instalirana snaga veća, to je faktor potražnje manji. Ovisi i o međusobnom odnosu instaliranih snaga grupa trošila.

Algebarska suma individualnih vršnih opterećenja grupe domaćinstava nije jednaka vršnom opterećenju grupe (P_{vn}). Ovo je izraženo »faktorom istodobnosti« (f_i), koji je prema tome definiran omjerom

$$f_i = \frac{P_{vn}}{P_{v1} + P_{v2} \ldots}$$

Ako se u grupi od »n« domaćinstava nalaze domaćinstva s jednakim individualnim opterećenjem, faktor istodobnosti dan je izrazom

$$f_n = \frac{P_{vn}}{n \cdot P_v}$$

Veličina faktora istodobnosti ovisna je o broju domaćinstava. O toj ovisnosti govori niz podataka u literaturi. Iskustvo je pokazalo, da je veličina faktora istodobnosti najbolje izražena izrazom [1]

$$f_n = f_\infty + (1 - f_\infty) \frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (1)$$

gdje je n = broj domaćinstava
f_∞ = faktor istodobnosti kada $n \to \infty$

Veličina f_∞ ovisi o veličini individualnih vršnih opterećenja. Udio vršnog opterećenja jednog domaćinstva u vršnom opterećenja grupe domaćinstava kada $n \to \infty$

$$P_m = f_\infty \cdot P_v$$

STANDARDI POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA

Osnovne pretpostavke

Osnovne pretpostavke pri izradi prijedloga za standarde potrošnje električne energije u domaćinstvima uzimaju u obzir niz faktora, koji utječu na veličinu te potrošnje.

a) *Veličina stana.* Pretpostavka je, da se standardi odnose na *dvosobni stan* s nusprostorijama. Ova veličina stana (55—60 m²) može se smatrati »predstavnikom« u nizu tipova stanova perspektivne stambe-

ne izgradnje u Jugoslaviji. Od stanova izgrađenih u 1957. i 1958, 50 % su dvosobni stanovi, 25 % jednosobni, a svi ostali stanovi čine 25 % izgradnje. Dvosobni stanovi igrađeni u 1957. imali su u prosjeku 55 m², u 1958. 56 m² [2].

b) *Broj članova domaćinstava.* Pretpostavka je, da se standardi odnose na *4-člano domaćinstvo* (roditelji i dvoje djece). Ovaj broj članova domaćinstva je »predstavnik« u nizu statističkih analiza jugoslavenske statistike. Prosječni broj osoba u jednom stanu u 1958. iznosio je 4,8. U usporedbi s općim stambenim prilikama, može se očekivati da će se ovaj broj u budućnosti smanjiti. Prosječni broj članova domaćinstva u 1953. iznosio je 4,29. I ovaj broj imade tendenciju opadanja [2].

c) *Standard života.* Pretpostavka je, da će potrošnja električne energije u domaćinstvu ovisiti i o standardu života domaćinstva. Tendencije razvoja stardarda života, kao i tendencije razvoja potrošnje električne energije nedvojbeno pokazuju na porast u budućnosti. U međunarodnim statistikama potrošnje električne energije u domaćinstvima (npr. UNIPEDE), kao i postavljenim standardima potrošnje električne energije za budućnost (Švicarska), standardi potrošnje električne energije sadrže podjelu na kategorije (obično 3 kategorije). Ovdje je pretpostavka, da se perspektivna potrošnja električne energije u domaćinstvima u našim prilikama može podijeliti u *tri standarda,* koji su u direktnoj ovisnosti o standardu života:

A — visoki standard potrošnje električne energije,
B — srednji standard potrošnje električne energije,
C — niski standard potrošnje električne energije.

Za potrebe planiranja i dimenzioniranja naših distributivnih mreža trebat će uzeti u obzir i

P — početni standard potrošnje električne enerdije.

Visoki standard predstavlja vrlo visok nivo potrošnje i primjene električne energije u neku ruku *idealno* elektrificiranom domaćinstvu u našim uslovima. Početni standard predstavlja vrlo niski nivo potrošnje i primjene električne energije u domaćinstvu, u područjima u početnoj fazi elektrifikacije i u lošim ekonomskim uslovima života. Dok standardi *A, B* i *C* predstavljaju *redovne* kategorije, standard *P* predstavljat će *izvanrednu* kategoriju.

d) *Vrst primjene električne energije.* Pretpostavka je da će u domaćinstvima prevladavati *tri vrste* primjene električne energije:

1. vrsta: za rasvjetu, grijanje prostorija i vode, kuhanje i ostalo;

2. vrsta: za rasvjetu, kuhanje i ostalo (bez grijanja prostorija i vode);

3. vrsta: za rasvjetu i ostalo (bez grijanja i kuhanja).

Ova podjela po vrstama primjene odnosi se na sva tri redovna standarda potrošnje, što znači da će veličina primjene (utrošak energije, instalirana snaga i množina aparata) ovisiti o standardu života. Za početni standard (*P*) nema potrebe da se dijeli po vrstama primjene.

Gornja podjela po vrstama može se definirati i na slijedeći način:

1. vrsta: domaćinstva, koja su upućena da energiju za rasvjetu, grijanje, aparate itd. uzimlju samo u formi električne energije;

2. vrsta: domaćinstva, koja za rasvjetu, kuhanje i izvjesne električne aparate primjenjuju električnu energiju, dok grijanje dobivaju bilo od centralnog grijanja, bilo da prostorije i vodu griju klasičnim načinom (drvo, ugljen, plin);

3. vrsta: domaćinstva, koja primjenjuju električnu energiju za rasvjetu i za izvjesne električne aparate, (npr. usisač prašine, radio), dok griju i kuhaju na klasičan način (plin, ugljen, drvo).

Akumulaciono grijanje prostorija s potrošnjom električne energije u noćnim satima nije uzeto u obzir, jer još nema spomena vrijedne primjene akumulacionog grijanja, u našim prilikama. U slučaju jačeg razvoja ovog načina grijanja, trebat će provesti odgovarajuće korekcije u standardima: s obzirom na potrošnju (kWh/god) i instaliranu snagu akumulaciono grijanje spada u 1. vrstu primjene, s obzirom na opterećenje (W/dom) u 2. ili 3. vrstu.

e) *Cijena električne energije.* Pretpostavljeno je da cijena električne energije neće u budućnosti doživljavati ekstremne promjene, ni sama po sebi, ni u odnosu na cijene ostalih forma energije koje se primjenjuju u domaćinstvima (plin, ugljen itd.).

Rezultate pretpostavki *(a—e)* daje pregledno tab. 1.

Pregled pretpostavki i podjela na kategorije potrošnje električne energije u domaćinstvima

Tablica 1

Veličina stana: 2-sobni s nusprostorijama (55—60 m²)
Broj članova domaćinstava: 4 člana

Vrsta primjene	1 (r, g, k, a)	2 (r, k, a)	3 (r, a)
Visoki standard *A*	A_1	A_2	A_3
Srednji standard *B*	B_1	B_2	B_3
Niski standard *C*	C_1	C_2	C_3
Početni standard	*P*		

r = rasvjeta g = grijanje k = kuhanje a = aparati

Određivanje instaliranih snaga standarda

Visoki standard

U prethodnom opisan je visoki standard *(A)* kao predstavnik »idealno elektrificiranog domaćinstva u našim uslovima«. Zbog metodološkog prikaza, najpogodnije je da se instalirana snaga odredi prvo za takovo domaćinstvo, i da se svi ostali standardi promatraju u odnosu na visoki standard.

Određivanje instaliranih snaga visokog standarda vršeno je analitički, a rezultati tog postupka predstavljaju prethodni prijedlog standarda, dok će se za konačni prijedlog uzeti u obzir i drugi faktori koji utječu na veličinu standarda.

Struktura instalirane snage za visoki standard prve vrste *(A)* prikazana je u tablici 2, dok je u slijedećim točkama dan komentar.

Struktura instalirane snage i potrošnje električne energije visokog standarda (A_1)

Tablica 2

	Inst. snaga W	Upotr. vrijeme h/god.	Potrošnja kWh/god.
1. *Rasvjeta*			
rasvjeta	1000	400	400
2. *Grijanje prostorija i vode*			
sobne peći i peć u kuh.	4600	1080	5000
bojler u kupaonici	1500	580	870
bojler u kuhinji	1200	300	360
infra-grijač	1000	140	140
3. *Kuhanje*			
štednjak	6400	150	960
kuhalo	800	150	120
4. *Kućanski aparati*			
aparat za pranje rublja	2300	150	350
centrifuga	100	50	5
glačalo	1000	120	120
hladnjak	120	2000	240
usisač prašine	200	150	30
aparat za laštenje	200	100	20
ostali kuć. aparati	500	50	25
5. *Ostali električni aparati*			
radio-televizor	250	300	75
ostalo	150	100	15
Ukupno	21320	410	8730

KOMENTAR

Struktura pretpostavljene instalirane snage rasvjetnih tijela visokog standarda prikazana je u tablici 3.

Struktura instalirane snage rasvjete visokog standarda (A)

Tablica 3

Prostorija	Instal. snaga rasvjetnog tijela	Ukupno
veća soba	3 x 75 W + 1 x 75 W	300 W
manja soba	2 x 75 W + 1 x 75 W	225 W
kuhinja	1 x 100 W + 1 x 75 W	175 W
predsoblje	1 x 75 W	75 W
kupaonica	1 x 100 W	100 W
smočnica	1 x 60 W	60 W
WC	1 x 60 W	60 W
Ukupno	13 x 77 W =	1000 W

Iz tablice 3 proizlazi da je pretpostavljena srednja instalirana snaga po žarulji u iznosu od 77 W. Inozemni podaci iz 1954. [3] govore da se srednja instalirana snaga kretala između 40 i 70 W po žarulji (Švicarska 49 W), ali s tendencijom na više. Isti podaci govore da je u Švicarskoj srednja instalirana snaga rasvjete u 1954. iznosila 416 W po domaćinstvu, uz potrošnju električne energije od 208 kWh/god, dakle uz upotrebno vrijeme instalirane snage od cca 500 h/god. Iz ovih usporedbi se zaključuje da pretpostavljena instalirana snaga (tabl. 3) nije pretjerana s obzirom da inozemni podaci datiraju iz 1954. i odnose se na prosjek cijele zemlje.

Godišnje vršno opterećenje pretpostavljeno je sa 700 W/dom. uz upotrebno vrijeme od 500 h/god. Potrošnja električne energije za rasvjetu pretpostavljena je prema tome sa cca 400 kWh/god. Iz istih izvora [3] dobiven je podatak da u zapadnoevropskim zemljama očekuju perspektivnu potrošnju u iznosu od 320–380 kWh/god. po domaćinstvu, dok se sada kreće između 180 i 275 kWh/god., domać.

Podatak o potrošnji električne energije za grijanje prostorija dobiven je na temelju podataka o temperaturama klime jugoslavenskog područja kroz razdoblje od 1926–1955 [4]. Na temelju krivulja trajanja temperatura i uz pretpostavku da grijanje počinje čim temperatura zraka padne na + 12° C i da se prostorije griju do + 20° C, izračunana je potreba električne energije za grijanje i iznosi od 2500 kWh/god (Split) do 6000 kWh/god (Ljubljana, Sarajevo). Za klimatske uslove zagrebačkog područja potrebe za dvosobni stan (55–60 m²) iznose cca 5000 kWh/god. Teoretski, potrebna minimalna instalirana snaga iznosila bi 1500 do 1800 W po prostoriji, koja dolazi u obzir za grijanje. Praktički, primjenjuju se veće instalirane snage (s regulacijom). S obzirom da je pretpostavljeno da se griju tri prostorije (sobe, kuhinja) uzete su instalirane vrijednosti: 2500 + 1500 + 600 = = 4600 W.

Za grijanje tople vode u kupaonici i kuhinji odabrani su električni bojleri domaće produkcije [5]. Za grijanje vode u kupaonici odabran je bojler instalirane snage 1500 W, 80 litara, 4,2 h (85° C), a za grijanje vode za kuhinjske potrebe instalirane snage 1200 W, 8 litara, 50 minuta (85° C).

Potrošnja električne energije određena je za

kupaonski bojler

1500 W x $^2/_3$ × 52 tjedna × 1 kupanje /tjedno × 4 osobe × × 4,2 h/ kupanje = 1500 W × 580 h/god = 870 kWh/god,

ili

$^2/_3$ × 52 tjedna × 4 osobe × 6,5 kWh/kupanje = = 900 kWh/god. [6].

kuhinjski bojler

1200 W × 300 dana × 1 h/dan = 300 h/god. × 1200 W = = 360 kWh/god,

ili

10 mjeseci × 36 kWh/mj. = 360 kWh [6].

Za grijanje kupaonice predviđen je infra-grijač instalirane snage 1000 W [5]. Godišnja potrošnja električne energije:

1000 W x $^2/_3$ x 52 tjedna x 4 osobe x 1 h = = 1000 W x 140 h/god = 140 kWh/god.

Kao »predstavnik« štednjaka odabran je štednjak instalirane snage 6400 W [5]. Podaci [3] iskazuju da se za potrebe elektrificirane kuhinje (štednjak + grijanje tople vode) troši godišnje prosječno:

1,10 kWh/god. po članu domaćinstva i po danu kuhanja.

Prema tome četveročlano domaćinstvo troši godišnje

4 x 1,10 x 300 dana = 1320 kWh/god.

Grijanje tople vode već je uračunano, pa ga ovdje treba odbiti

1320 – 360 = 960 kWh/god.

Rezultat je u skladu i s drugim podacima [6].

Predviđeno je da domaćinstvo posjeduje i kuhalo od 800 W za prigrijavanje međuobroka itd. s potrošnjom

800 W × 300 dana × 0,5 h/dan = 800 W × 150 h/g = 120 kWh/g.

Instalirane snage kućanskih aparata određene su prema podacima o domaćim aparatima [5]. Potrošnja je izračunata kako slijedi:

aparat za pranje rublja

2300 W x 52 tjedna x 1 pranje x 3 h = = 2300 W . 150 h/g = 350 kWh/god.

centrifuga

100 W × 52 tjedna × 1 h = 100 W . 50 h/g = 5 kWh/god.

glačalo (regulaciono)

1000 W x 0,5 (stvarno ukopčano) x 52 tjedna x 4 h = = 1000 W x 120 h/g = 120 kWh/g.

hladnjak (kompresorski, 120 litara)

120 W x 360 dana x 24 h/dan x $^1/_4$ (vrijeme ukopčanog stanja) = 120 W x 2000 h/god = 240 kWh/god.

usisač prašine

200 W x 300 dana x $^1/_2$ h = 200 W x 150 h/god = 30 kWh/god.

aparat za laštenje

200 W x 300 dana x 1/3 h = 200 W x 100 h/god = 20 kWh/god.

potrošnja ostalih električnih aparata

250 W x 300 dana x 1 h/dan = 250 W x 300 h/god = 75 kWh/god.

Izvjestan uvid u strukturu visokog standarda dobit će se ako se struktura instalirane snage i potrošnje predstavi po grupama trošila, kao što je to učinjeno u tablici 4.

Struktura instalirane snage i potrošnje uz procentualne odnose visokog standarda (A_1) za domaćinstvo koje je upućeno samo na primjenu električne energije

Tablica 4

Grupa električnih trošila	Inst. snaga		Upotr. vrijeme h/god.	Potrošnja	
	W	%		kWh/god	%
1. Rasvjeta	1000	5	400	400	4,6
2. Grijanje prost. i vode	8300	39	650	6370	73,0
3. Kuhanje	72	34	150	1080	12,4
4. Kućanski aparati	4420	20	180	790	9,0
5. Ostali aparati	400	2	225	90	1,0
Ukupno	21320	100	410	8730	100

Iz tablice 4 je vidljivo, koji značaj ima primjena električne energije za grijanje i kuhanje: cca 73 % instalirane snage i cca 85 % potrošnje električne energije u domaćinstvu odnosi se na grijanje i kuhanje. Drugim riječima, domaćinstvo visokog životnog standarda može imati i relativno malu potrošnju električne energije, ukoliko primjenjuje druge forme energije za grijanje i kuhanje (ugljen, plin, centralno loženje itd.). Ova konstatacija opravdava podjelu standarda po vrstama primjene električne energije.

Podjela visokog standarda po vrstama i njihovim karakteristikama prikazana je u tablici 5.

Struktura instalirane snage i potrošnje po vrstama (1, 2 i 3) visokog standarda (A).

Tablica 5

	A_1		A_2		A_3	
	Pi W	W kWh/g	Pi W	W kWh/g	Pi W	W kWh/g
Rasvjeta	1000	400	1000	400	1000	405
Grijanje prost. i vode	8300	6370	—	—	—	—
Kuhanje	7200	1080	7200	1080	—	—
Kućni parati	4420	790	4420	790	4420	790
Ostali aparati	400	90	400	90	400	90
Ukupno	21320	8730	13020	2360	5820	1280

Sigurno će i u domaćinstvima 2. vrste biti aparata za grijanje, kao što će i u domaćinstvima 3. vrste biti aparata za kuhanje. Međutim, ovdje će se, kao i u nastavku, razmatrati standardi prema definicijama, inače bi se cijelo razmatranje kompliciralo.

Srednji standard

Instalirane snage srednjeg i niskog standarda određene su primjenom faktora redukcije (R) u odnosu na standard A_1.

R_f = faktor frekventiranosti električnih trošila u domaćinstvima.

Npr. $R_f = 0{,}5$ za kuhinjski bojler znači da se predviđa da 50 % domaćinstva ili svako drugo domaćinstvo posjeduje kuhinjski bojler.

R_i = faktor redukcije instalirane snage označuje instaliranu snagu »trošila-predstavnika« za određenu kategoriju domaćinstva u odnosu na trošilo u domaćinstvu visokog standarda prve vrste (A_1), Npr. $R_i = 0{,}7$ za električni štednjak znači, da se predviđa da »štednjak-predstavnik« izvjesne kategorije domaćinstva ima instaliranu snagu $0{,}7 \times 6400$ W (A_1) = = 4500 W.

R = ukupni faktor redukcije predstavlja umnožak faktora R_f i R_i.

Na taj način dobivena je struktura instalirane snage za srednji standard (B_1) u slučaju primjene električne energije za sve potrebe domaćinstva (tablica 6).

Struktura instalirane snage i protrošnje električne energije srednjeg standarda (B_1)

Tablica 6

	Faktor redukcije			Inst. snaga	Upotr. vr.	Potrošnja
	Rf	*Ri*	*R*	W	h/god.	hWh/g.
1. Rasvjeta						
rasvjeta	1	0,8	0,8	800	400	320
2. Grijanje prostorija i vode						
sobne peći	1	0,7	0,7	3200	1000	3200
bojler u kupaonici	1	1	1	1500	500	750
bojler u kuhinji	0,3	1	0,3	360	300	100
infra-grijač	0,5	1	0,5	500	140	70
3. Kuhanje						
štednjak	1	0,7	0,7	4500	150	670
kuhalo	0,7	1	0,7	560	150	90
4. Kućanski aparati						
aparat za pranje rublja	0,4	1	0,4	900	150	135
centrifuga	0,1	1	0,1	10	50	—
glačalo	1	0,8	0,8	800	120	95
hladnjak	0,2	1	0,2	25	2000	50
usisač prašine	0,5	1	0,5	100	150	15
aparat za laštenje	0,1	1	0,1	20	100	—
ostali kućan. aparati	1	0,4	0,4	200	50	10
5. Ostali elektr. apar.						
radio-televizor	1	0,6	0,6	150	300	45
ostalo	1	0,5	0,5	75	100	10
Ukupno	—	—	*0,64*	*13700*	*400*	*5560*

Podjela po vrstama primjene električne energije u domaćinstvu za srednji standard dana je u tablici 7.

Struktura instalirane snage i potrošnje električne energije po vrstama srednjeg standarda (B)

Tablica 7

	B_1		B_2		B_3	
	Pi W	W kWh/g	Pi W	W kWh/g	Pi W	W kWh/g
Rasvjeta	800	320	800	320	800	320
Grijanje prost. i vode	5560	4120	—	—	—	—
Kuhanje	5060	760	5060	760	—	—
Kućni aparati	2055	305	2055	305	2055	305
Ostali aparati	225	55	225	55	225	55
Ukupno	13700	5560	8140	1440	3080	680

Niski standard

Na isti način, kao što su određene karakteristike srednjeg standarda, određen je i niski standard (tablice 8 i 9).

Struktura instalirane snage i potrošnje električne energije niskog standarda (C_1)

Tablica 8

	Faktor redukcije			Inst. snaga	Upotr. vr.	Potrošnja
	Rf	*Ri*	*R*	W	h/god.	kWh/g.
1. *Rasvjeta*						
rasvjeta	1	0,5	0,5	500	400	200
2. *Grijanje prostorija i vode*						
sobne peći	1	0,4	0,4	1800	1000	1800
bojler u kupaonici	1	0,8	0,8	1200	500	600
bojler u kuhinji	—	–	–	—	—	—
infra-grijač	—	–	–	—	—	—
3. *Kuhanje*						
štednjak	1	0,25	0,25	1600	300	480
kuhalo	0,7	0,6	0,5	400	200	80
4. *Kućanski aparati*						
aparat za pranje rublja	0,05	1	0,05	120	150	20
centrifuga	—	—	—	—	—	—
glačalo	1	0,4	0,4	400	120	50
hladnjak	0,05	1	0,05	10	2000	20
usisač prašine	0,05	1	0,05	10	100	—
aparat za laštenje	—	—	—	—	—	—
ostali kućanski aparati	—	—	—	—	—	—
5. *Ostali aparati*						
radio-televizor	0,8	0,5	0,4	100	300	30
ostalo	—	—	—	—	—	—
Ukupno	—	—	*0,3*	*6140*	*500*	*3280*

Struktura instalirane snage i potrošnje električne energije po vrstama niskog standarda (C)

Tablica 9

	C_1		C_2		C_3	
	Pi W	*W* kWh/g	*Pi* W	*W* kWh/g	*W* *Pi*	*W* kWh/g
Rasvjeta	500	200	500	200	500	200
Grijanje prost. i vode	3000	2400	—	—	—	—
Kuhanje	2000	560	2000	560	—	—
Kućni aparati	540	90	540	90	540	90
Ostalo	100	30	100	30	100	30
Ukupno	6140	3280	3140	880	1140	320

Usporedba standarda

Rekapitulacija rezultata razmatranja mogućih standarda dana je u tablici 10.

Rekapitulacija instalirane snage i potrošnje električne energije po standardima i vrstama primjene

Tablica 10

Standard	1. vrsta		2. vrsta		3. vrsta	
	Pi W	*W* kWh/g	*Pi* W	*W* kWh/g	*W* *Pi*	*W* kWh/g
visoki *A*	21320	8730	13020	2360	5820	1280
srednji *B*	13700	5560	8140	1440	3080	680
niski *C*	6140	3280	3140	880	1140	320

Ocjenjujući pokušaj, da se odrede standardi instaliranih snaga i potrošnje električne energije u domaćinstvima, koji je predočen na tablici 10, trebat će imati na umu da je primijenjeni analitički postupak služio tome, da se odredi red veličine standarda, koji se onda može korigirati do konačnog prijedloga. To osobito vrijedi za standarde potrošnje električne energije (kWh/god), koji su navedeni uz instalirane snage. Ipak iz ovih privremenih rezultata mogu se izvesti neki zaključci.

Usporedba sa švicarskim standardima [7], koji određuju tri vrste instaliranih snaga (visoki 29900 W; srednji 13030 W; niski 8330 W) pokazuje, da se visoki standard iz tablice 10 (A_1) nalazi između visokog i srednjeg švicarskog standarda, da švicarskom srednjem standardu odgovara standard B_1, odnosno A_2, dok je niski švicarski standard sličan standardu B_2. Općenito, usporedba sa švicarskim standardima pokazuje niski nivo standarda iz tablice 10. — Međutim, kod ove usporedbe treba imati na umu slijedeće:

a) Švicarski standardi također su »planski«, tj. ne odgovaraju ni približno današnjem stanju.

b) U 75 % slučajeva u Švicarskoj se za planiranje distributivnih mreža primjenjuje »niski standard«, tj. 8330 W/dom.

c) Današnja potrošnja električne energije u domaćinstvima je 5—6 puta veća u Švicarskoj, nego u Jugoslaviji (npr. 1956. Švicarska 2740 kWh/g; Jugoslavija 464 kWh/g).

Međusobna usporedba potrošnje električne energije (kWh/god) u tablici 10 pokazuje, da uz iste instalirane snage (npr. A_2 i B_1 ili A_3 i C_1) može doći do vrlo različitih iznosa potrošnje, što opravdava podjelu po vrstama primjene električne energije.

»Početni« standard, koji je najavljen u uvodnom dijelu elaborata (toč. 2.1 c), nije promatran i to zato, što analitičkim postupkom dobiveni standard C_3 po svom iznosu (1140 W i 320 kWh/god) »ne zaslužuje« da uđe među redovne standarde, nego se ovdje predlaže da se proglasi »početnim« standardom. Ovo stoga, što već danas prosječna potrošnja u jugoslavenskim domaćinstvima iznosi oko 500 kWh/god. Za standard C_3 predložit će se drugi iznosi (1750 W i 650 kWh/god), kada će biti razmotren utjecaj instalacije na standarde (vidi kasnije).

Određivanje faktora potražnje i vršnog opterećenja domaćinstva

U literaturi postoji niz podataka o faktoru potražnje. Tako npr. američki podaci daju slijedeće vrijednosti [8]:

Manji stan: rasvjeta, električni aparati bez kuhanja $f_p = 0{,}50—0{,}75$;

veći stan: rasvjeta, električni aparati bez kuhanja $f_p = 0{,}40—0{,}65$;

veći stan: rasvjeta, električni aparati i električno kuhanje $f_p = 0{,}35—0{,}60$.

Engleski podaci [9] govore o slijedećim prosječnim vrijednostima faktora potražnje:

Domaćinstvo s instaliranom snagom

do 2,5 kW $f_p = 0{,}6—0{,}7$;

2,5—10 kW $f_p = 0{,}6$;

iznad 10 kW $f_p = 0.5$.

Karakteristično je za gornje podatke, da se vrijednosti faktora potražnje nalaze u relativno širokom rasponu, pa mogu služiti samo za orijentaciju, dok bi za naše potrebe trebalo izvesti jednoznačnu (prosječnu) ovisnost faktora potražnje o instaliranoj snazi.

Razmotreni su i švicarski podaci o instaliranoj snazi i udjelima u vršnom opterećenju područja, kod čega nije poznato o kojim faktorima potražnje se radi. Pretpostavi li se da su prilikom izrade švicarskih standarda odabrani faktori potražnje, koji su uzimali u obzir nazivnu vrijednost osigurača na mjestu priključka domaćinstva, onda proizlazi za instaliranu snagu:

29900 W, $f_p = 0{,}44$, $P_v = 13200$ (3×20 A);
13030 W, $f_p = 0{,}5$, $P_v = 6600$ (3×10 A);
8330 W, $f_p = 0{,}53$, $P_v = 4400$ (1×20 A).

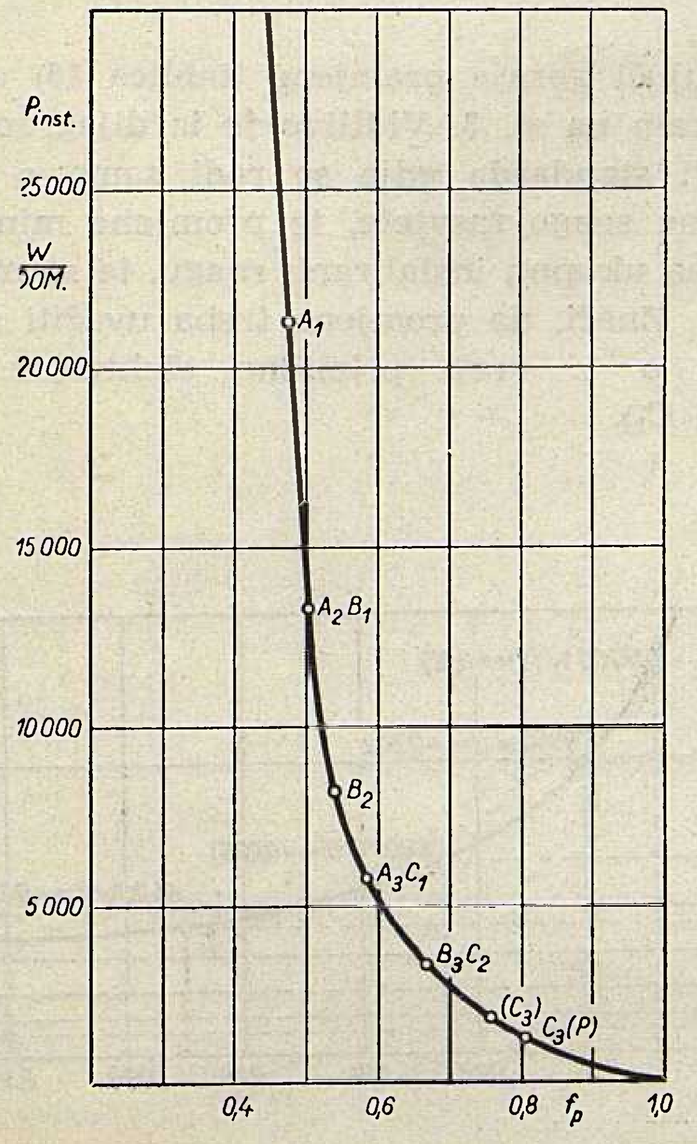
Uzmu li se u obzir i švicarski standardizirani udjeli jednog domaćinstva u vršnom opterećenju područja, onda izlazi za vršno opterećenje:

$P_v = 13200$ W, $f_\infty = 0{,}19$, $P_m = 2500$ W;
$P_v = 6600$ W, $f_\infty = 0{,}227$, $P_m = 1500$ W;
$P_v = 4400$ W, $f_\infty = 0{,}27$, $P_m = 1200$ W.

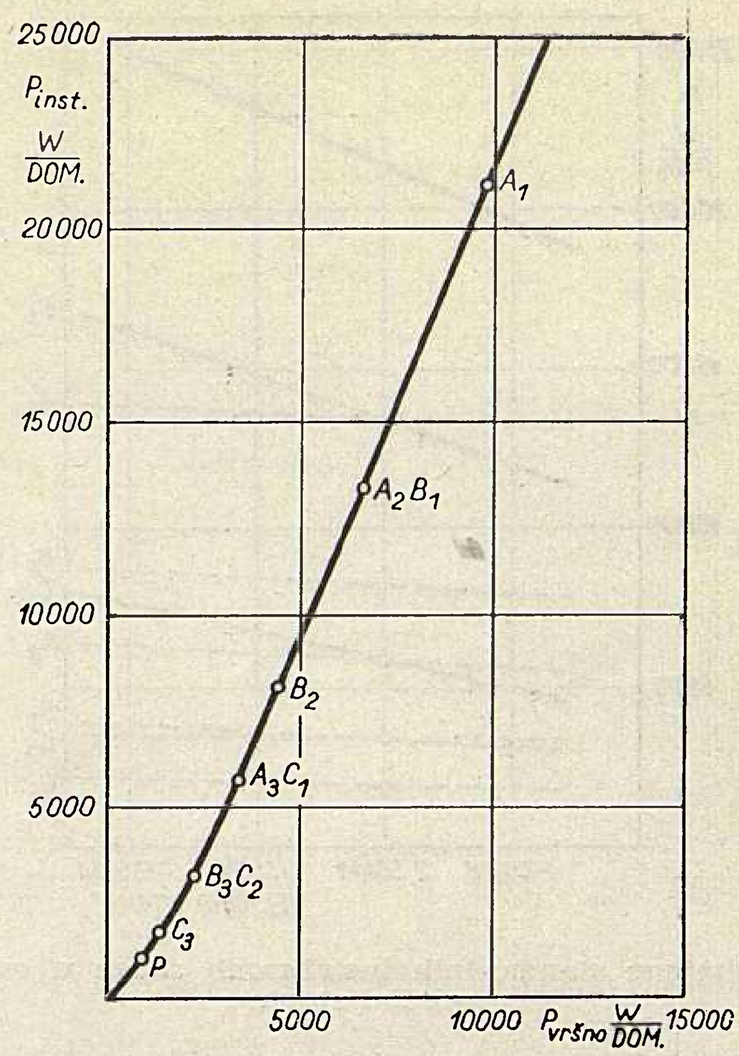
Gornje vrijednosti faktora potražnje nalaze se u granicama općih podataka, a isto tako i vrijednosti faktora istodobnosti za vrlo velik broj domaćinstava (f_∞).

Ovdje se predlaže da se usvoji krivulja ovisnosti faktora potražnje o instaliranoj snazi (sl. 1), u koju su uključene gore navedene vrijednosti. Kod toga je pretpostavljeno da ta ovisnost kod vrlo malih instaliranih snaga teži vrijednosti »1«, što proizlazi iz same naravi faktora potražnje.

Primijene li se faktori potražnje sa sl. 1 na standarde instaliranih snaga (tablica 10), dobiju se vršna opterećenja prikazana u tablici 11.



Sl. 1. Odnos faktora potražnje i instalirane snage domaćinstva



Sl. 2. Odnos instalirane vrijednosti i vršnog opterećenja domaćinstava na osnovu faktora potražnje i dijagrama na sl. 1

Vršna opterećenja standardiziranih instaliranih snaga

Tablica 11

Standard	1. vrsta	2. vrsta	3. vrsta
	Pv W	Pv W	Pv W
visoki *A*	10000	6500	3350
srednji *B*	6800	4400	2060
niski *C*	3400	2100	900

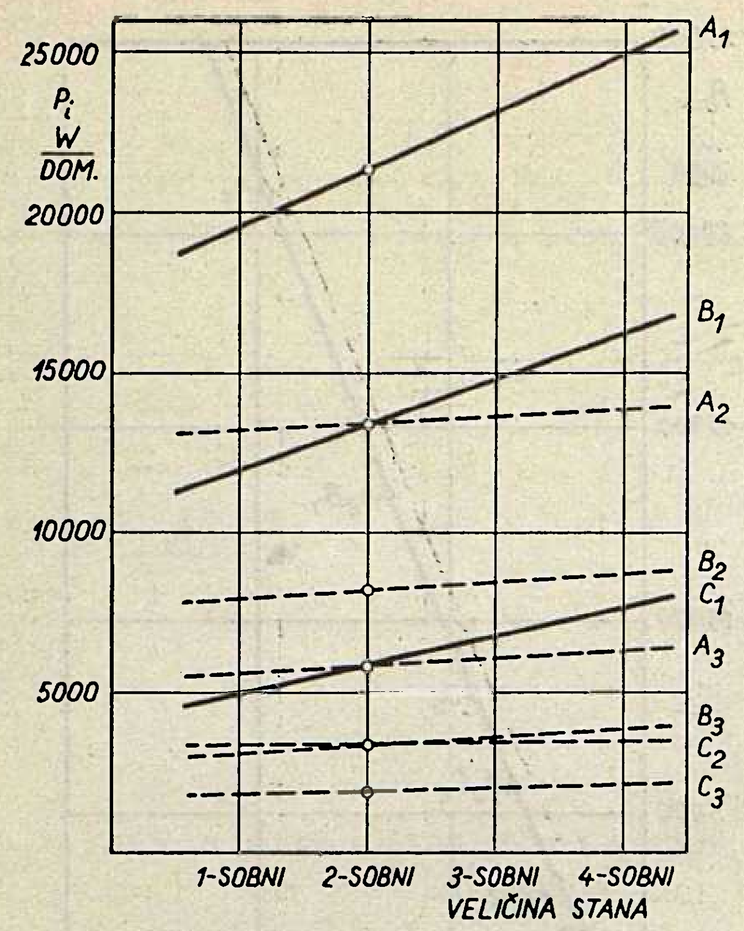
Utjecaj instalacije na standarde

Pod utjecajem instalacije smatra se ovdje utjecaj nazivnih vrijednosti osigurača, koji se nalaze na priključku domaćinstva, na veličinu standarda uz pretpostavku, da je nazivna vrijednost osigurača određena na temelju vršnog opterećenja instalacije domaćinstva. Vršna opterećenja ograničena nazivnom strujom osigurača uspoređena su sa sličnim vršnim opterećenjima iz tablice 11. Uz to su dane instalirane vrijednosti dobivene primjenom faktora potražnje sa sl. 1 na vršne vrijednosti ograničene osiguračima (vidi tablicu 12). U tu svrhu konstruirana je pomoćna krivulja na sl. 2.

Usporedba vršnih opterećenja i instaliranih vrijednosti određenih po nazivnoj vrijednosti osigurača i standarda iz tablica 11 i 12

Tablica 12

	Pv W	Pi W	Iz tabl. 10 i 11		
			Pv W	Pi W	Standard
3 × 15 A	9900	21300	10000	21320	A_1
3 × 10 A	6600	13300	6850	13700	B_1
			6500	13020	A_2
1 × 20 A	4400	8140	4400	8140	B_2
1 × 15 A	3300	5800	3500	6140	C_1
			3350	5820	A_3
1 × 10 A	2200	3300	2100	3140	C_2
			2060	3080	B_3
1 × 6 A	1320	1750	900	1140	C_3



Sl. 3. Promjene standardnih instaliranih snaga u ovisnosti o veličini stana

Konačni prijedlog standarda

Usporedba na tablici 12 pokazuje da se analitički dobivene vrijednosti standarda mogu bez daljnjega podrediti nizu dobivenom na osnovu uzimanja u obzir instalacionih osigurača. Iznimku čini standard C_3 koji znatnije odstupa. S obzirom na ono što je prije rečeno o standardu C_3 (predložen je kao »početni standard«) ovdje se predlaže da se vrijednosti P_v i P_i određene prema osiguraču 6 A ($P_v = 1320$ W i $P_i = 1750$ W) stave kao standard C_3. Nadalje se može smatrati opravdanim da se cijeli standardni niz određen prema osiguračima predloži *kao konačni prijedlog standarda* s obzirom, da se niz dobiven analitičkim putem od njega neznatno razlikuje. Na temelju toga sastavljena je tablica 13. Praktička strana ovako dobivenog niza je višestruka i ne treba je posebno opravdavati, ona omogućuje standardizaciju priključaka, brojila, itd.

Konačni prijedlog standarda instaliranih snaga i vršnih opterećenja domaćinstava

Tablica 13

Standard		1. vrsta		2. vrsta		3. vrsta	
		P_i W	P_v W	P_i W	P_v W	P_i W	P_v W
visoki	A	21300	9900	13300	6600	5800	3300
srednji	B	13300	6600	8140	4400	3300	2200
niski	C	5800	3300	3300	2200	1750	1320
početni	P	$P_i = 1140$ W		$P_v = 900$ W			

U prethodnim točkama analitički je određivana i potrošnja električne energije za pojedine standarde. Ovdje, uz konačni prijedlog standarda potrošnja će biti određena pomoću upotrebnih vremena vršnih opterećenja i to po slijedećim općim kriterijima:

a) Upotrebno vrijeme (h/god) u *istom standardu* ovisi o vrsti primjene električne energije: čim je veća primjena električne energije u termičke svrhe (grijanje i kuhanje), tim je veće upotrebno vrijeme;

b) Upotrebno vrijeme u *istoj vrsti* primjene električne energije tim je veće, čim je manja instalirana snaga.

Upotrebna vremena koja su ovdje primijenjena, kao i potrošnja električne energije koja iz toga proizlazi, prikazani su na tablici 14.

Upotrebna vremena i potrošnja električne energije uz konačni prijedlog standarda

Tablica 14

Standard		1. vrsta		2. vrsta		3. vrsta	
		h/god.	kWh/g. dm.	h/god.	kWh/g. dm.	h/god.	kWh/g. dm.
visoki	A	800	8000	500	3300	400	1300
srednji	B	850	5600	600	2600	450	1000
niski	C	900	3000	650	1400	500	650
početni	P	h/god. = 600		kWh/g. dm. = 550			

Utjecaj broja prostorija stana na standarde

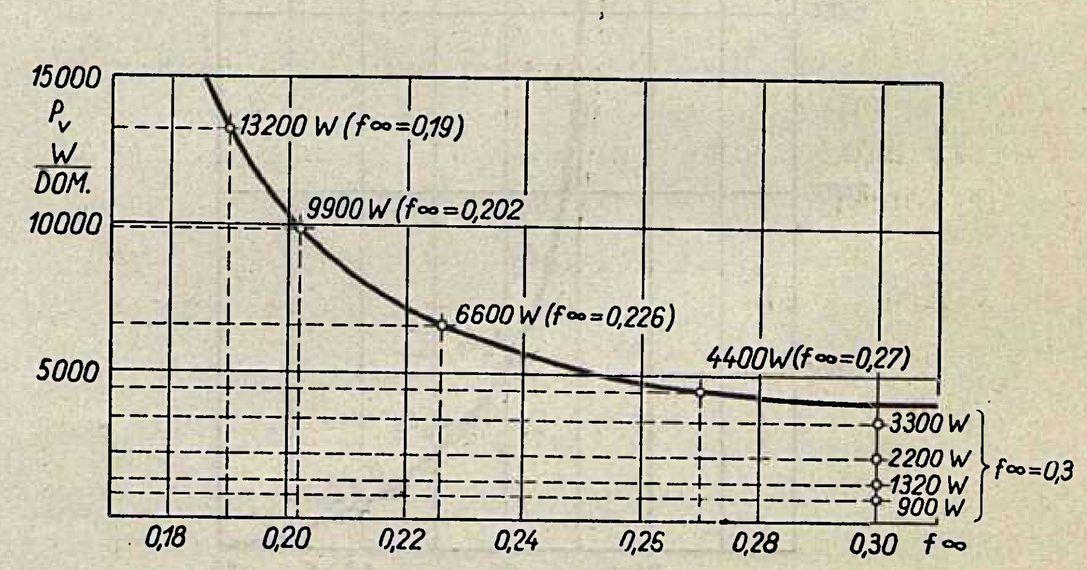
Jedna od osnovnih pretpostavki pri određivanju standarda bila je, da se standardi odnose na dvosobni stan. Ovdje će biti razmotren utjecaj broja soba na veličinu standarda. Sigurno je da će se taj utjecaj manifestirati u promjeni instaliranih vrijednosti za rasvjetu i za grijanje prostorija. Konkretno promjene mogu se odrediti iz struktura instaliranih snaga pojedinih standarda (tablice 2, 6 i 8). Promjene koje se predlažu dane su u tablici 15.

Promjene instaliranih snaga po jednoj sobi u odnosu na standarde dvosobnog stana

Tablica 15

Standard	Rasvjeta W	Grijanje W
A	± 250	± 1500
B	± 200	± 1200
C	± 150	± 800

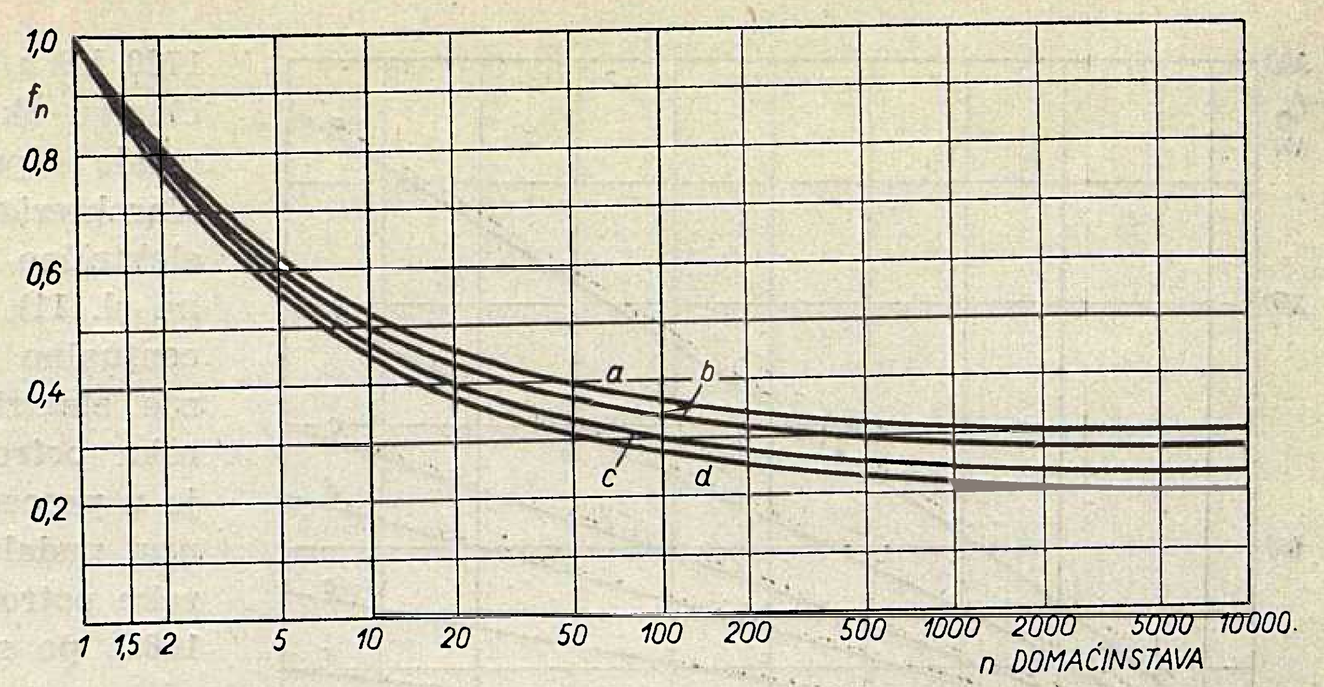
Uvažujući gornje promjene (tablica 15) sastavljen je dijagram na sl. 3. Vidljivo je iz dijagrama, da su kod onih standarda gdje se radi samo o promjeni instalirane snage rasvjete, te promjene minimalne u odnosu na ukupnu instaliranu snagu, te se mogu i zanemariti. Znači, da promjene treba uvažiti samo kad se radi o 1. vrsti primjene električne energije (A_1, B_1 i C_1).



Sl. 4. Odnos faktora istodobnosti za vrlo velik broj domaćinstava (f_∞) i vršnih opterećenja domaćinstava

Sl. 5. Odnos faktora istodobnosti (f_n) i broja domaćinstava za standardni niz

Kriv.	P_v	f_∞	Standard
a	≦ 4000	0,3	A_3, B_3, C_1, C_2, C_3, P
b	4400	0,27	B_2
c	6600	0,226	A_2, B_1
d	9900	0,202	A_1



STANDARDI I DIMENZIONIRANJE MREŽE

Posljedica utvrđivanja standarda instaliranih snaga i vršnih opterećenja je i određenost udjela vršnih opterećenja domaćinstava u vršnim opterećenjima pojnih točaka mreže. S tim u vezi treba odrediti veličine faktora istodobnosti.

Određivanje faktora istodobnosti

Ovisnost faktora istodobnosti o broju domaćinstava dana je izrazom

$$f_n = f_\infty + (1 - f_\infty)\frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (1)$$

Iz navedenog izraza vidi se, da vrijednost za f_n ovisi ne samo o broju domaćinstava nego i o vrijednosti faktora f_∞ tj. faktora istodobnosti za vrlo velik broj domaćinstava. Vrijednosti za f_∞ poznate su iz literature. One variraju od 0,15 do 0,3, što ovisi o iznosu vršnog opterećenja domaćinstva: za manje vrijednosti vršnih opterećenja vrijede veće vrijednosti za f_∞. Ovdje se predlaže, da se uzme u obzir krivulja ovisnosti faktora f_∞ o vršnom opterećenju izvedena iz švicarskih podataka (sl. 4). Iz navedenih podataka izračunato je (vidi: određivanje faktora potražnje)

za $P_v = 13.200$ W $\quad f_\infty = 0,19 \quad (P_m = 2500$ W),
za $P_v = 6.600$ W $\quad f_\infty = 0,227 \quad (P_m = 1500$ W),
za $P_v = 4.400$ W $\quad f_\infty = 20,7 \quad (P_m = 1200$ W).

Ujedno se predlaže, da se za sve iznose vršnih opterećenja jednake i manje od 4 kW primijeni faktor $f_\infty = 0,3$.

Na temelju tako određenih faktora istodobnosti može se odrediti niz krivulja koje određuju odnose faktora istodobnosti i broja domaćinstava. Takve krivulje konstruirane su na sl. 5.

Udio domaćinstava u vršnom opterećenju elemenata mreže

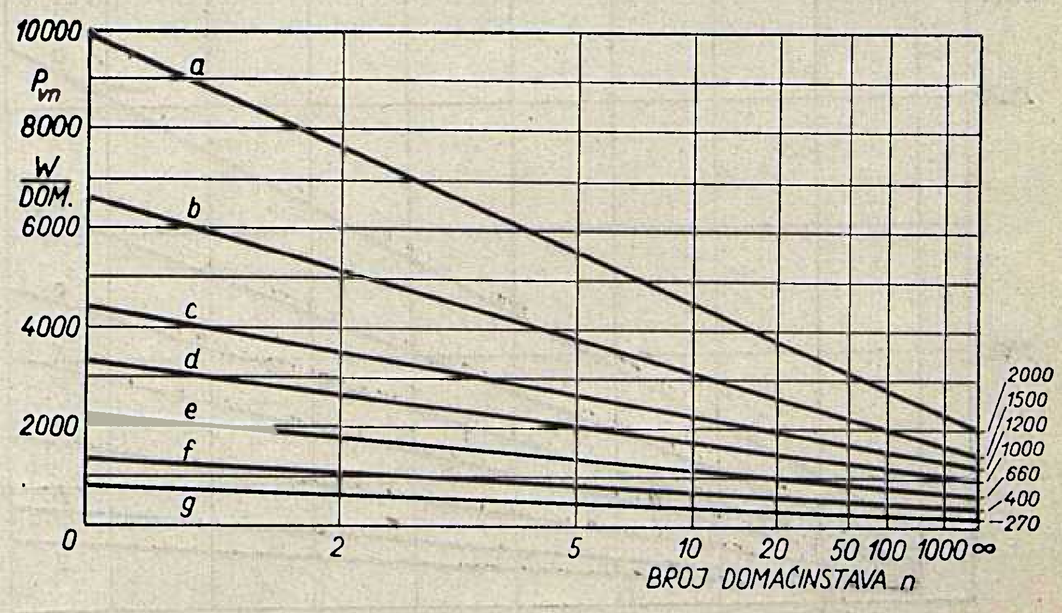
U prethodnoj točki učinjene su predradnje za određivanje udjela domaćinstva u vršnom opterećenju pojedinih elemenata mreže. Iz promatranja faktora istodobnosti proizlazi, da taj udio ovisi o broju domaćinstava, koja se razmatraju. S druge strane sam element mreže uz konfiguraciju mreže određuje o kojem se broju domaćinstava radi. Prema tome, od slučaja do slučaja će se određivati i broj domaćinstava, a prema tome i njihov udio u vršnom opterećenju elementa mreže. U tu svrhu mogu poslužiti dijagrami na sl. 6, koji su konstruirani na temelju dosadašnjih rezultata faktora istodobnosti i standardnih veličina opterećenja domaćinstava.

Vršna opterećenja skupine domaćinstava

Za praktičke potrebe dimenzioniranja elemenata mreže prilagođeni su dijagrami na sl. 7, 8 i 9, koji daju vršna opterećenja skupina domaćinstava u ovisnosti o broju domaćinstava u skupini.

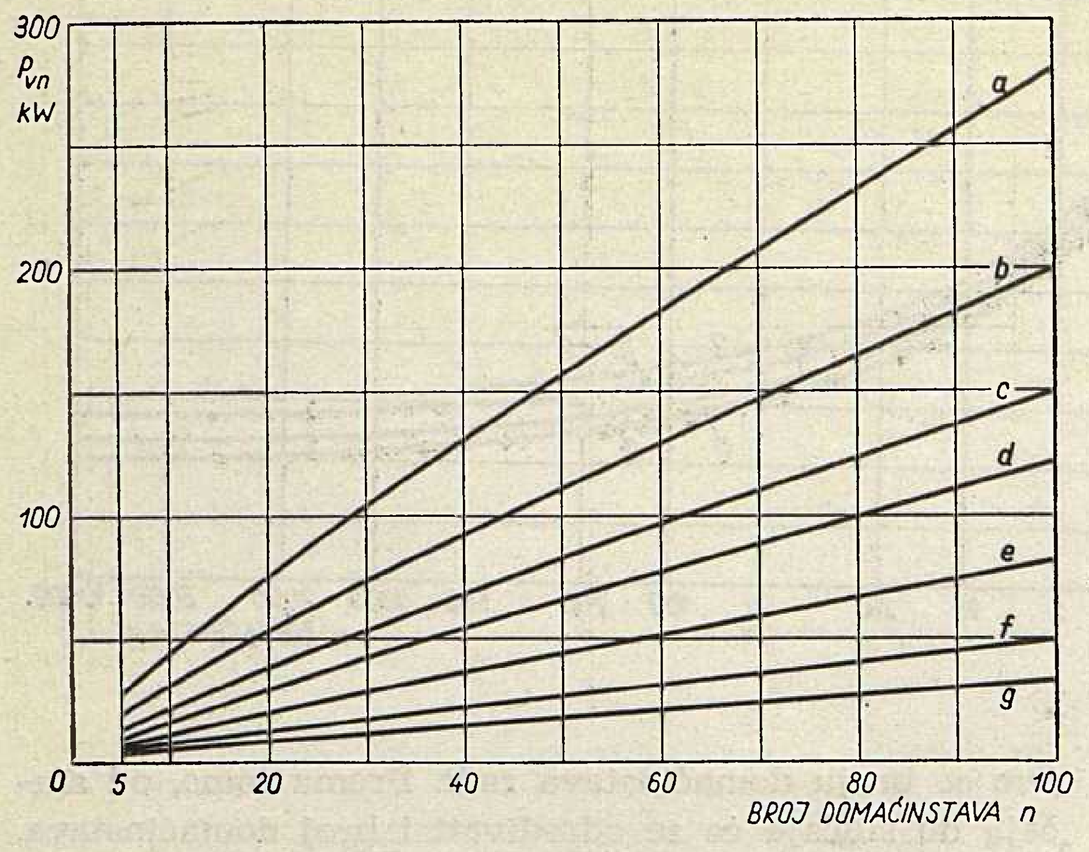
Utjecaj široke potrošnje na dimenzioniranje mrežc

Kao i domaćinstva tako su i ostale grupe potrošača široke potrošnje podijeljene manje-više po cijelom konzumnom području. Individualnih potrošača široke potrošnje nema toliko kao potrošača iz grupe domaćinstava, ali njihova potrošnja je znatna. Pre-



Sl. 6. Udio opterećenja domaćinstva u vršnom opterećenju skupine domaćinstva (P_{vn}) za standardni niz

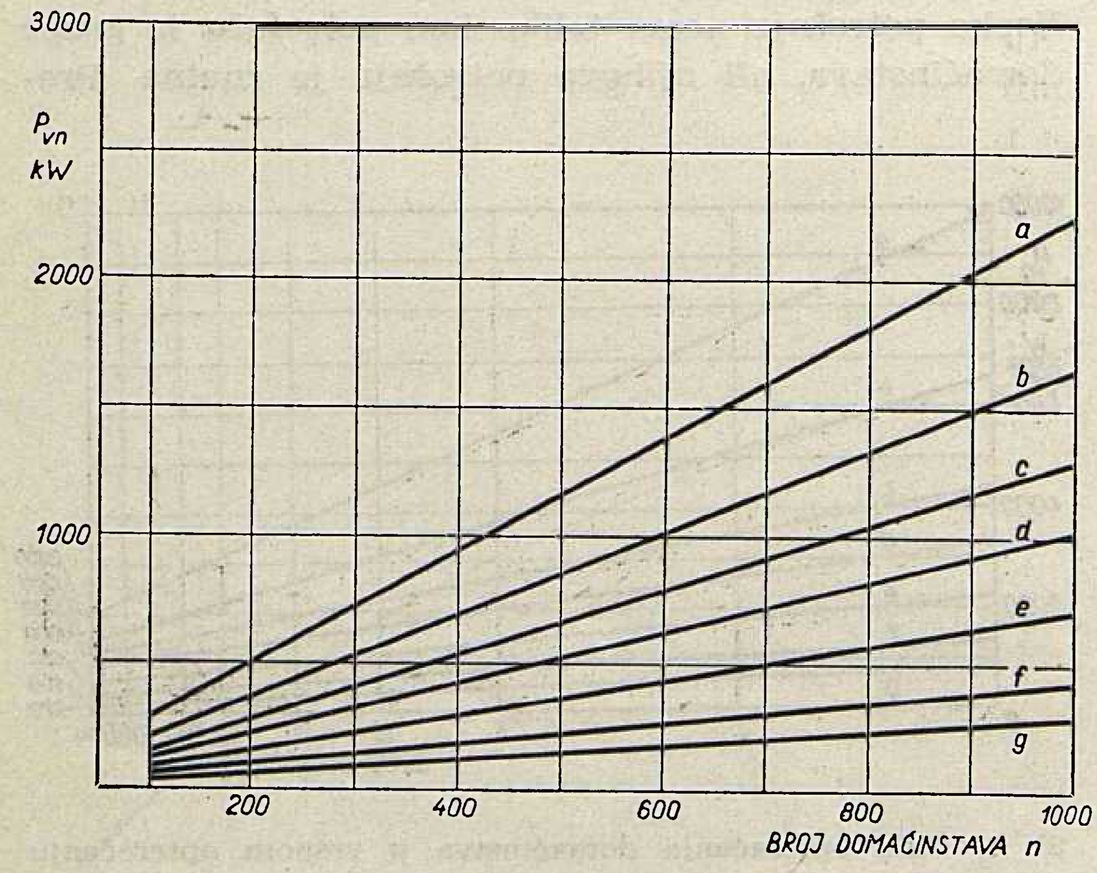
Kriv.	Stand.	P_v W	P_i W
a	A_1	9900	21300
b	A_2, B_1	6600	13300
c	B_2	4400	8140
d	A_3, C_1	3300	5800
e	B_3, C_2	2200	3300
f	C_3	1320	1750
g	P	900	1140



Sl. 7. Vršna opterećenja skupine domaćinstva (5—100 domaćinstva) za standardni niz

Kriv.	Stand.	P_v W	P_i W
a	A_1	9900	21300
b	A_2, B_1	6600	13300
c	B_2	4400	8140
d	A_3, C_1	3300	5800
e	B_3, C_2	2200	3300
f	C_3	1320	1750
g	P	900	1140

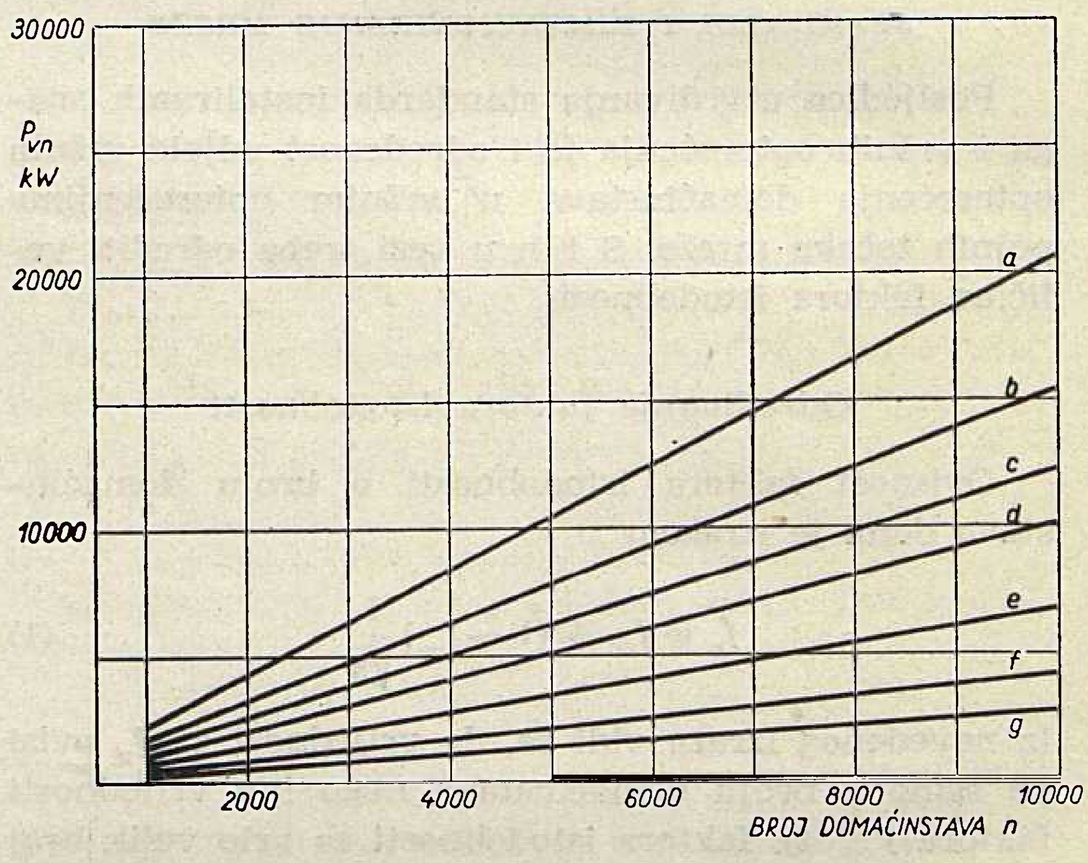
ma tome kod dimenzioniranja distributivnih mreža treba uzeti u obzir i ostale potrošače široke potrošnje. Ovu potrebu dovoljno ilustriraju dijagrami s podacima [10] o razvoju konzuma široke potrošnje na području »Elektre« Zagreb (sl. 10): godine 1961. od



Sl. 8. Vršna opterećenja domaćinstava (100—1000 domaćinstava) za standardni niz

Kriv.	Stand.	P_v W	P_i W
a	A_1	9900	21300
b	A_2, B_1	6600	13300
c	B_2	4400	8140
d	A_3, C_1	3300	5800
e	B_3, C_2	2200	3300
f	C_3	1320	1750
g	P	900	1140

1730 kWh/dom. specifične široke potrošnje po domaćinstvu oko 1000 kWh se potrošilo u domaćinstvu, a ostalo otpada na ostale potrošače široke potrošnje. Karakteristično je da je u razdoblju manje potrošnje električne energije u domaćinstvima (npr. 1947—1954. na sl. 11), ostala široka potrošnja predstavljala procentualno veću potrošnju. U razdoblju veće potrošnje električne energije u domaćinstvima, ostala široka potrošnja je rasla u apsolutnim iznosima, ali je u procentualnom odnosu na ukupnu široku potrošnju, padala. Ipak, tendencija »smirivanja« ostale široke potrošnje je očita (sl. 12) u razdoblju od 1955—1961., pa se iz toga mogu izvući određeni zaključci:



Sl. 9. Vršna opterećenja skupina domaćinstava (1000—10000 domaćinstava) za standardni niz

Kriv.	Stand.	P_v W	P_i W
a	A_1	9900	21300
b	A_2, B_1	6600	13300
c	B_2	4400	8140
e	A_3, C_1	3300	5800
d	B_3, C_2	2200	3300
f	C_3	1320	1750
g	P	900	1140

za veliko područje kao što je zagrebačko, a s karakteristikama industrijskog, poslovnog i administrativnog centra, 65—70 % široke potrošnje otpada na domaćinstva, a 35—30 % na ostale potrošače široke potrošnje. Bolju ilustraciju, s obzirom na dimenzioniranje mreže, daju podaci o apsolutnim iznosima potrošnje električne energije pojedinih potrošačkih grupa široke potrošnje (sl. 13 i 14).

a) *Motori i aparati.* U 1961. dostignut je iznos od 210 kWh/g. dom. Tendencija porasta je očita. Ovdje se procjenjuje da će zasićenje biti postignuto kod cca 350 kWh/g. dom.

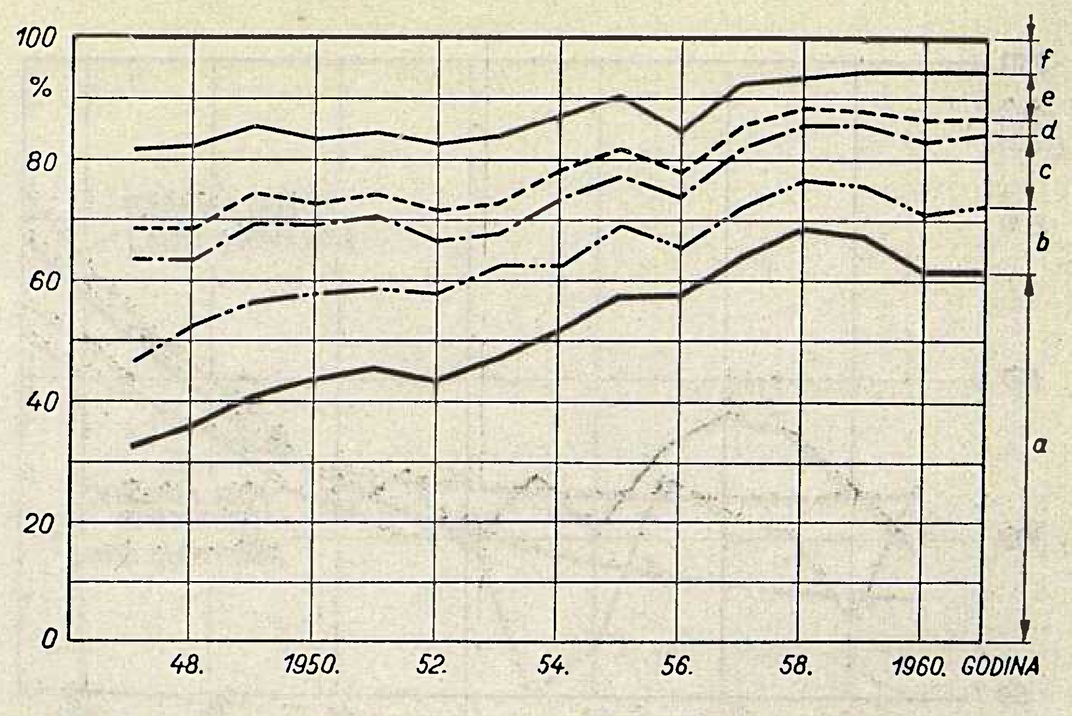
b) *Poslovne i društvene prostorije.* 173 kWh u 1961. Tendencija prema 300 kWh/g. dom.

c) *Vodovod.* Potrošnja oscilira u vrlo širokim granicama. Tendencija je određena s 135 kWh/g. dom.

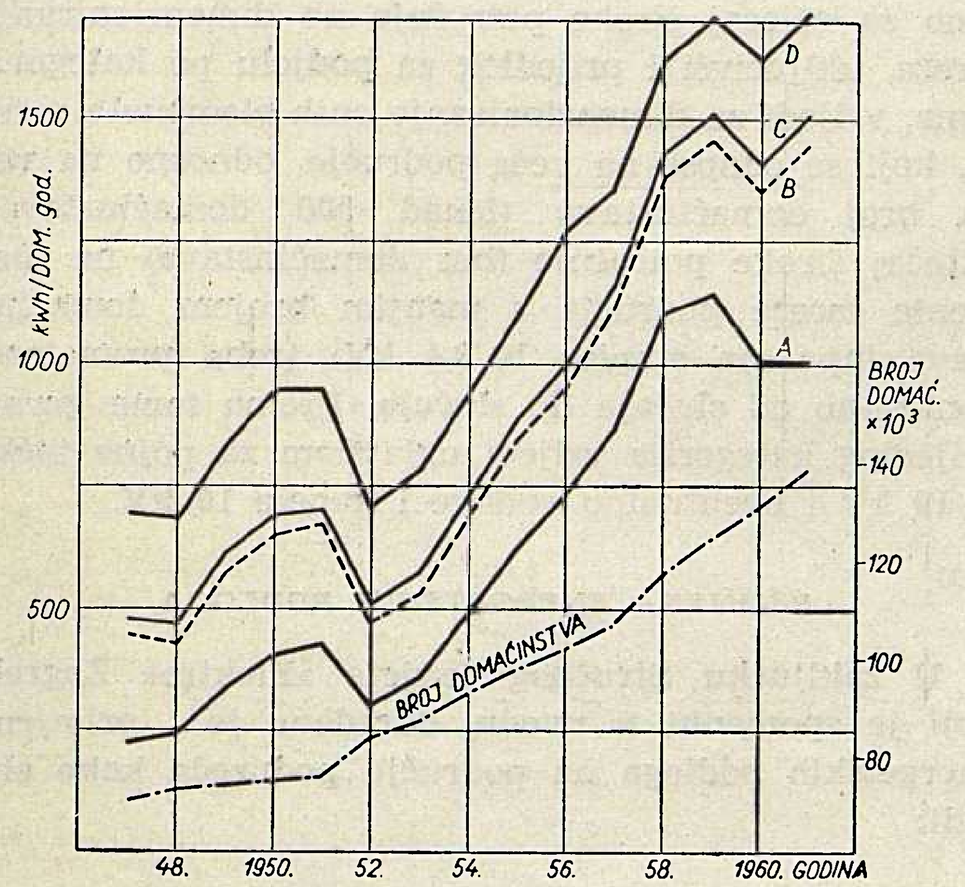
d) *Tramvaj.* S obzirom na konkretne prilike prometa u gradu, zaključen je trend sa 130 kWh/g. dom.

e) *Javna rasvjeta.* S obzirom na potrebna poboljšanja javne rasvjete s jedne strane i s druge strane s obzirom na uvođenje ekonomičnijih rasvjetnih tijela, trend je zaključen sa 65 kWh/g. dom.

Treba međutim imati na umu da se i podaci i zaključeni trendovi odnose na područje, koje osim gradskih sadrži i seoska naselja, dakle u svakom su slučaju iznosi *prosječni* i ne mogu se primijeniti npr. na uži gradski centar, izrazito poslovnu četvrt. Ne raspolaže se s određenim podacima za pojedina područja, nego se ovaj čas moramo poslužiti ocjenom podijelivši široku potrošnju (bez domaćinstava) na 3 kategorije:



Sl. 11. Razvoj procentualnih odnosa potrošnje električne energije potrošača široke potrošnje na području »Elektre« Zagreb (1947—1961)
a kućanstva; *b* poslov. i društv. prostorije; *c* motori i aparati; *d* javna rasvjeta; *e* električna vuča; *f* vodovod



Sl. 10. Razvoj široke potrošnje reducirane na jedno domaćinstvo na području »Elektre« Zagreb
A = kućanstva; *B* = *A* + posl. i društv. prostorije + motori i aparati; *C* = *B* + javna rasvjeta; *D* = *C* + tramvaj + + vodovod

1) *Prva kategorija.* Poslovni, trgovački i administrativni centri srednjih i većih gradova (iznad 50.000 stanovnika) sa slijedećim iznosima potrošnje:

	kWh/g. dom.
motori i aparati	700
posl. i društv. prostorije	1.000
vodovod	200
tramvaj	200
javna rasvjeta	100
ukupno	2.200

2) *Druga kategorija.* Poslovni, trgovački i administrativni centri manjih gradova (ispod 50.000 stanovnika), mikrorajoni većih gradova, kao i prosjek za šire područje većih gradova:

	kWh/g. dom.
motori i aparati	350
posl. i društv. prostorije	300
vodovod	135
tramvaj	130
javna rasvjeta	65
ukupno oko	1.000

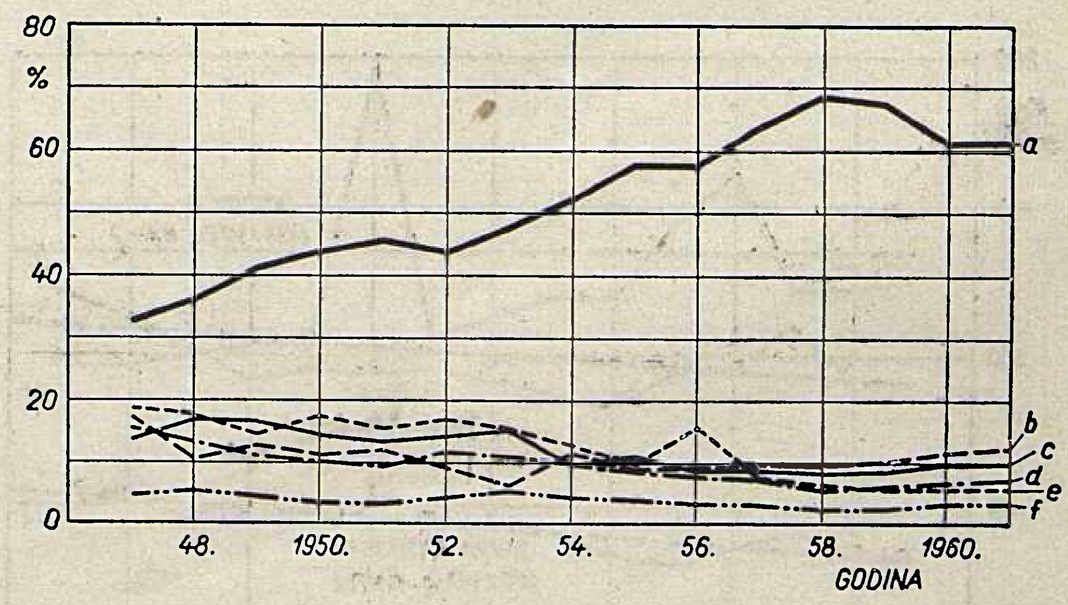
3) *Treća kategorija.* Izrazito stambene četvrti većih gradova, prosjek za šire područje manjih gradova:

	kWh/g. dom.
motori i aparati	200
posl. i društv. prostorije	100
vodovod	100
tramvaj	—
javna rasvjeta	50
ukupno oko	500

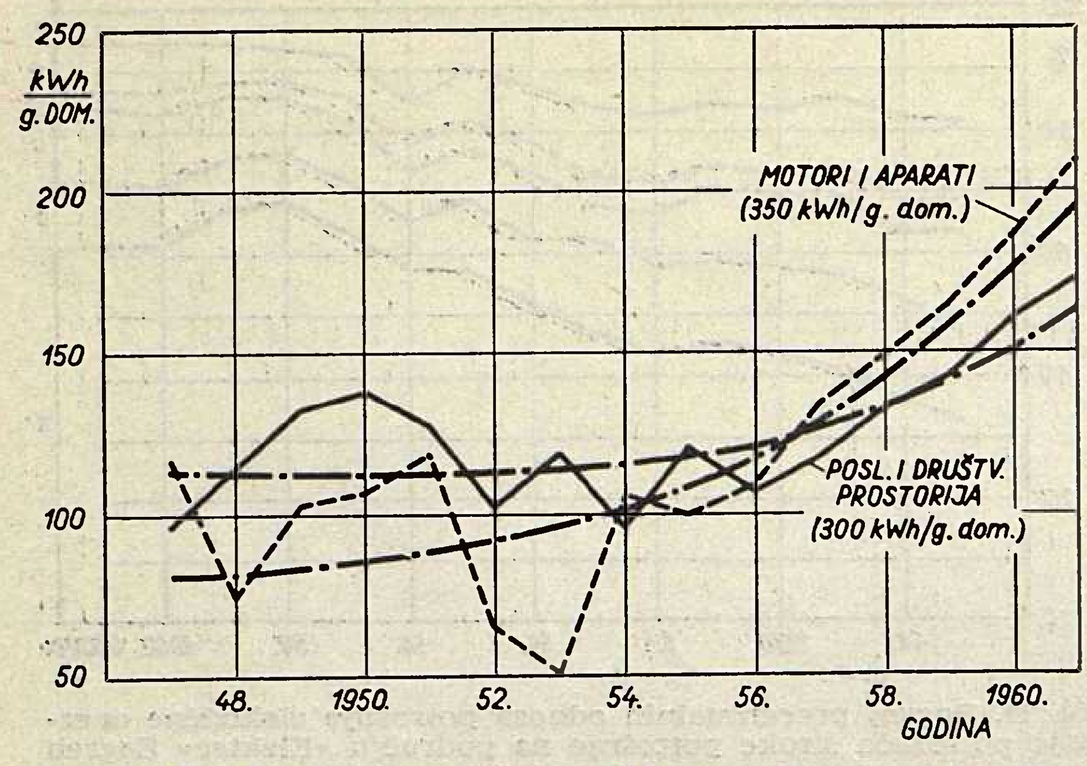
S obzirom da je u trećoj kategoriji električna vuča (tramvaj) zanemarena, može se rezultat zaokružiti na 500 kWh/g. dom.

Smatramo da pokrajinska područja (seoska naselja i administrativni i trgovački centri u pokrajini) treba ocijeniti od slučaja do slučaja, a do iznosa treće kategorije.

Za dimenzioniranje mreže mjerodavna su opterećenja kao posljedica utjecaja široke potrošnje, a ta ćemo dobiti preko upotrebnih vremena pojedinih grupa. Općenito su potrebna vremena:



Sl. 12. Razvoj procentualnih odnosa potrošnje električne energije potrošača široke potrošnje na području »Elektre« Zagreb (1947—1961)
a domaćinstva; *b* motori i aparati; *c* posl. i društv. prostorije; *d* električna vuča (tramvaj); *e* vodovod; *f* javna rasvjeta



Sl. 13. Razvoj specifične potrošnje grupa »Motori i aparati« i »Poslovne i društvene prostorije« reducirane na domaćinstvo

	h/god
motori i aparati	1.200
posl. i društv. prostorije	2.500
vodovod	5.000
tramvaj	1.200
javna rasvjeta	3.000

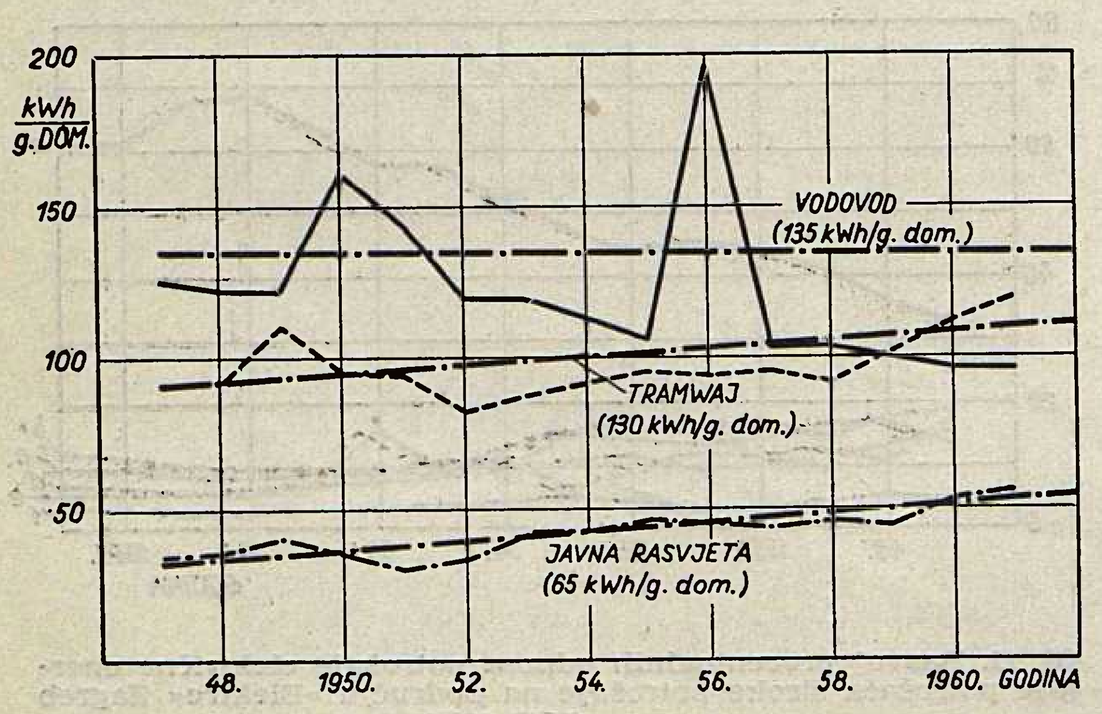
Odabrana su srednja upotrebna vremena:

2.200 h/god. za prvu kategoriju,
2.000 h/god. za drugu i treću kategoriju.

Na taj način mogu se izračunati opterećenja

za prvu kategoriju oko 1.000 W,
za drugu kategoriju oko 500 W,
za treću kategoriju oko 250 W.

Ovdje treba uzeti u obzir da vršno opterećenje skupina domaćinstava ne pada istodobno s vršnim opterećenjem skupine potrošača ostale široke potrošnje. Odabire se iskustveni faktor istodobnosti 0,6 za prvu kategoriju i 0,5 za drugu i treću kategoriju.



Sl. 14. Razvoj specifične potrošnje grupa »Vodovod«, »Tramvaj« i »Javna rasvjeta« reducirane na domaćinstvo

Rezultati razmatranja utjecaja široke potrošnje bez domaćinstava na dimenzioniranje distributivnih mreža dani su u tablici 16.

Prijedlog kategorija široke potrošnje (bez domaćinstava)

Tablica 16

Kategorija	Potrošnja	Opterećenje	Udio opterećenja
	kWh/g.dom.	W/dom.	W/dom.
prva	2.200	1.000	600
druga	1.000	500	250
treća	500	250	125

Ovdje treba napomenuti slijedeće: sve što je rečeno za utjecaj široke potrošnje na dimenzioniranje mreža, uključivši i prijedlog za podjelu po kategorijama, vrijedi za dimenzioniranje onih elemenata mreže, koji se odnose na veća područja, odnosno na velik broj domaćinstava (iznad 500 domaćinstava). Utjecaj široke potrošnje (bez domaćinstava) na elemente mreže područja s manjim brojem domaćinstava (npr. na stanice 10/0,4 kV) treba promatrati konkretno od slučaja do slučaja. Prema tome gornji prijedlog kategorija vrijedi uglavnom za pojne točke 30/10 kV i eventualno vodove i kabele 10 kV.

PRIMJENA ENERGETSKIH PODLOGA

U zaključku Stručnog savjeta »Elektre« Zagreb, koji je spomenut u uvodu, određena je i primjena energetskih podloga na području poduzeća kako slijedi:

I Gradsko područje

1. Za dimenzioniranje pojnih točaka 110/30 kV gradske mreže primjenjuju se s obzirom na potrošnju u domaćinstvima i ostaloj širokoj potrošnji, slijedeći standardi:

a) Standard B_2, tj. srednji standard druge vrste.

b) Druga kategorija ostale široke potrošnje.

2. Za dimenzioniranje pojnih točaka 30/10 kV gradske mreže primjenjuju se standardi:

a) Standardi B_1, B_2 i B_3, tj. srednji standard svih triju vrsta.

b) Prva, druga i treća kategorija.

Napomena. Vrst potrošnje električne energije odabire se prema vrsti potrošnje, koja je planirana za područje pojne točke, pri čemu se mogu primijeniti sve tri vrste potrošnje ako je takova situacija na području (npr. 20 % B_1, 50 % B_2, 30 % B_3).
Kategoriju ostale široke potrošnje treba odabrati prema kriteriju kojim su definirane kategorije.

3. Za dimenzioniranje pojnih točaka 10/0,4 kV primjenjuju se:

a) Svi redovni standardi (*A*, *B* i *C*) kao i sve tri vrste potrošnje.

b) Konkretni podaci o potrošačima ostale široke potrošnje.

Napomena. Standardi i vrst potrošnje odabiru se prema situaciji na terenu.

4. Za dimenzioniranje niskonaponskih strujnih krugova i kućnih priključaka primjenjuju se:

a) Svi redovni standardi (*A*, *B* i *C*) kao i sve tri vrste potrošnje uz korekciju koja uzimlje u obzir i veličinu stanova.

b) Konkretni podaci o potrošačima ostale široke potrošnje.

II Seoska područja

1. Za dimenzioniranje pojnih točaka 110/30 kV seoskih područja primjenjuju se:

a) Standardi C_2 i C_3, tj. niski standard druge i treće vrste i početni standard (*P*).

b) Treća kategorija ostale široke potrošnje umanjena za 50 % (tj. 250 kWh i 60 W).

Napomena. U pogledu standarda potrošnje u domaćinstvima mogu se primijeniti prema ocjeni oba standarda (C_2 i C_3) u određenim omjerima ili jedan od standarda. Početni standard (*P*) primjenjuje se za onaj dio područja koji se privodi elektrifikaciji.

U području gdje se primjenjuje početni standard (*P*) ne uzimlju se u obzir ostali potrošači široke potrošnje.

2. Za dimenzioniranje pojnih točaka 30/10 kV za seoska područja vrijedi primjena standarda kao gore (tč. II/1).

3. Za dimenzioniranje pojnih točaka 10/0,4 kV za seoska područja primjenjuju se:

a) Standardi C_1, C_2 i C_3, tj. niski standard svih triju vrsta, i početni standard (*P*).

b) Konkretni podaci o potrošačima široke potrošnje.

Napomena. Primjena pojedine vrste standarda prema situaciji na području pojne točke. Početni standard (*P*) za domaćinstva koja se privode elektrifikaciji.

4. Za dimenzioniranje niskonaponskih strujnih krugova i kućnih priključaka vrijedi primjena standarda kao u tč. II/3.

III Opće primjedbe

a) Gornje upute važe kao opće pravilo za dimenzioniranje pojnih točaka. Međutim od slučaja do slučaja mogu se učiniti i iznimke, ukoliko za to postoji posebno obrazloženje.

b) Gornje upute za dimenzioniranje pojnih točaka 110/30 i 30/10 kV vrijede kao planski pokazatelj, ukoliko ne postoji analitička razrada područja.

Ako postoji analitička razrada područja, pojne točke dimenzioniraju se sabiranjem podataka područja.

c) U pogledu odabiranja karakterističnih veličina elemenata mreže (snaga transfomatora, presjek kabela itd.) treba se pridržavati direktivne standardizacije iz osnovnog rješenja mreže.

LITERATURA

[1] S. Rusck, *The Simultaneous Demand in Distribution Network Supplying Domestic Consumers.* ASEA Journal 1956.

[2] *Statistički godišnjak FNRJ 1959.* Savezni Zavod za statistiku FNRJ, Beograd 1959.

[3] E. Tiberghien, *Le développement des principales applications de l'energie électrique dans le secteur domestique.* UNIPEDE 1958, ref. VII. 5.

[4] H. Požar, J. Keglević, M. Balling, *Potrebna toplina i električna energija za grijanje prostorija u nekim gradovima Jugoslavije.* Energija 1960, br. 7—8.

[5] *Katalog elektroprivreda.* Elektrotehna, Zagreb.

[6] D. Kaiser, *Elektrotehnički priručnik,* Zagreb, 1958.

[7] *Apparate u. Projektierungsunterlagen.* Preisliste A_1. A. G. Brown—Boveri u Cie, Baden (Schweiz), 1950.

[8] B. G. A. Skrotzki, *Elektric Transmission and Distribution.* McGraw—Hill, New-York, 1954.

[9] L. B. S. Golds and P. Schiller, *Meter Problems and Consumers Load Characteristics.* Proc. JEE Part. II — Vol 100 (1953).

[10] *Izvještaji o radu poduzeća* (1947—1961). »Elektra« Zagreb.

Naslov pisca: Ing. Miroslav Balling, »Elektra«, Zagreb, Gundulićeva ul. 32

O ODREĐIVANJU SILE VJETRA NA NADZEMNE VODOVE

Referat za VI zasjedanje JNK CIGRE u Budvi 1962.

Boris Markovčić, Zagreb

U okviru radova kojima se ispitivala najracionalnija mogućnost izgradnje nadzemnih vodova u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu, posvećena je naročita pažnja određivanju sila vjetra na vodove. S jedne su strane učinjeni pokušaji da se uz pomoć meteoroloških stručnjaka dobiju na temelju postojećih mjerenja i motrenja što potpuniji podaci o brzinama vjetra, i s druge strane, da se primijene koeficijenti djelovanja vjetra koji su što bliži stvarnosti. Radna grupa u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu, kojoj je Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede povjerila rad na prijedlogu propisa za dalekovode, izradila je prijedlog za određivanje koeficijenta djelovanja vjetra, koji se uz ostale rezultate studije stavlja ovime na diskusiju.

DK 621:315.1

Za ekonomično projektiranje nadzemnih vodova neobično je važno pravilno utvrditi pritisak vjetra na vodiče i stupove. Kod toga se javljaju dva problema:

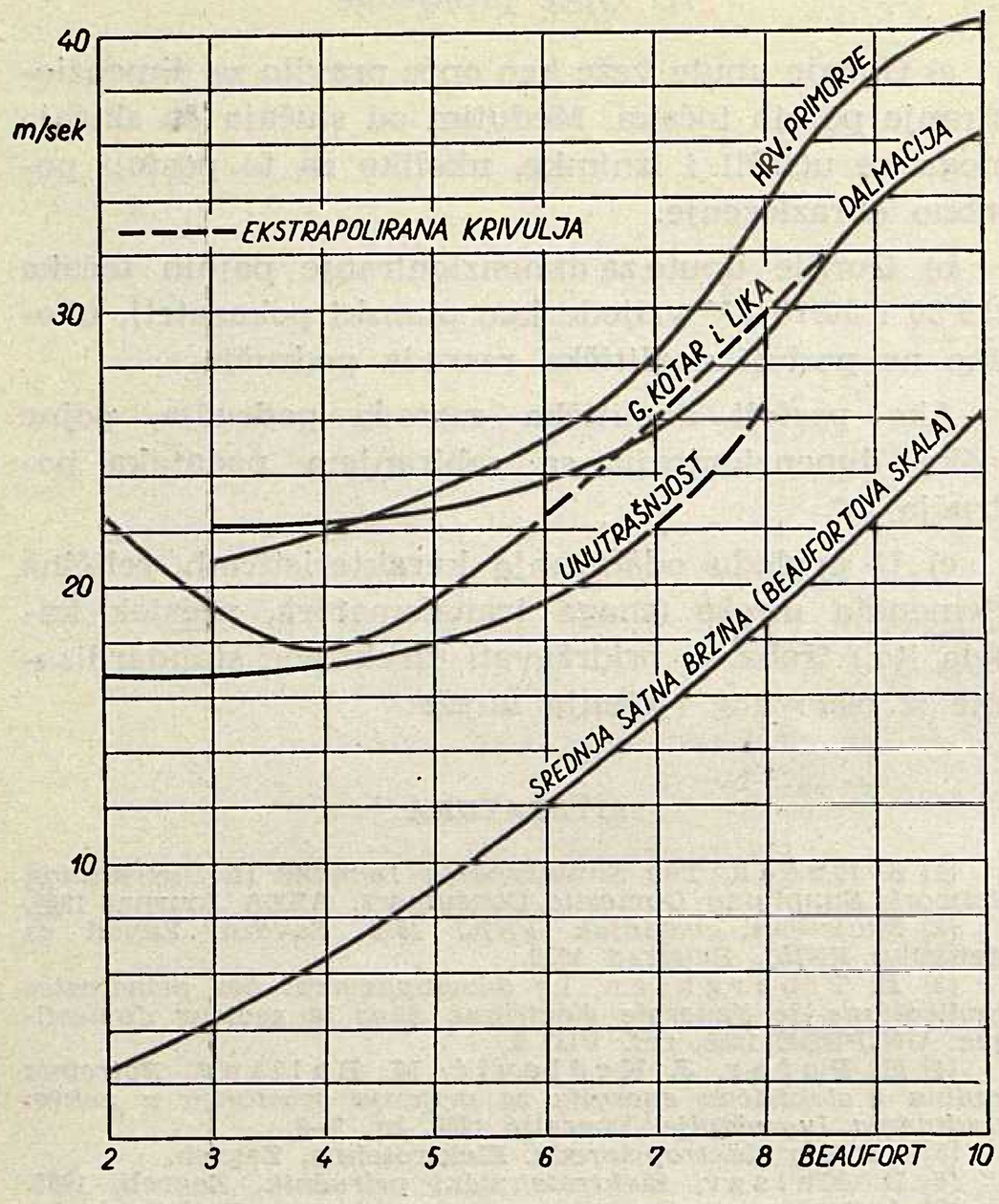
a) koje brzine vjetra (u m/s) treba uzeti u račun,

b) koji pritisak na vodiče i stupove izazivaju određene brzine vjetra.

Dok je prvi problem potpuno specifičan za svaki dio trase i ovisi o meteorološkim uvjetima na tom mjestu, drugi je više općenit, te se za njegovo rješenje mogu koristiti i inozemna ispitivanja i iskustva.

1. Brzine vjetra koje djeluju na vod

Prema prvim jugoslavenskim poslijeratnim propisima (iz 1949) Jugoslavija je bila podijeljena na tri zone s osnovnim pritiskom vjetra od 60, 90 i 130 kg/m². Praksa je ubrzo pokazala, naročito za podru-



Sl. 1. Odnos snage vjetra u Beaufortima i brzina u m/s

čja s velikim pritiscima vjetra, da brzine vjetra unutar područja znatno variraju, pa nije potrebno svagdje računati s jednako visokim pritiscima, koji su odabrani prema najugroženijim mjestima.

Stvarne podatke o brzinama vjetra na različitim mjestima bilo bi najjednostavnije dobiti organiziranjem guste mreže anemografskih stanica. Tome treba težiti, ali za sada je to neprovedivo zbog skupoće aparata i organizacije, pa je trebalo pokušati, ne bi li se mogao problem riješiti korištenjem postojećih meteoroloških podataka.

U Institutu za elektroprivredu u Zagrebu prvi su radovi u tom pravcu započeli 1960. a obuhvaćen je teritorij NR Hrvatske. Pokazalo se, da je na cijelom teritoriju moguće dobiti anemografske podatke samo za 8 stanica (Škrljevo, Senj, Fužine, Sinj, Dubrovnik, Zagreb-Grič, Zagreb-Sljeme i Križevci), dok se u svim ostalim meteorološkim stanicama vrše motrenja prema Beaufortu. Da se iskoristi postojeći raspoloživi materijal, sakupljeni su podaci o maksimalnom vjetru po mjesecima za posljednjih 10 godina, a gdje to nije bilo moguće, barem za posljednjih 5 godina. Time je bilo obuhvaćeno spomenutih 8 stanica, gdje su dobiveni podaci o brzinama u m/s i 85 stanica sa snagom vjetra u Beaufortima [2]. Međutim podaci o vjetru u ovom obliku nisu upotrebljivi za projektiranje vodova. Zbog toga je rad nastavljen i u 1961. sa ciljem da se nađe način kako bi se od brzina vjetra u Beaufortima mogli dobiti odgovarajući udarci vjetra u m/s. Ukoliko bi to naime uspjelo, s obzirom na znatan broj stanica vodovi bi se mogli projektirati na temelju stvarnih i dokumentiranih brzina vjetra najracionalnije što je moguće.

Veoma se često misli da je taj problem vrlo jednostavan, jer postoji poznata skala odnosa Beauforta i brzina vjetra. Taj odnos međutim ne daje udare vjetra koji su mjerodavni za graditelja dalekovoda, već srednje brzine. Ovo može najbolje ilustrirati slijedeći primjer. Danas u najmanje ugroženim područjima računamo s brzinom vjetra od 31 m/s (pritisak 60 kg/m²), a prema skali ova brzina odgovara 11 Beauforta sa napomenom djelovanja: *orkan, opaža se rijetko, čini obimna pustošenja.* Brzina od 31 m/s u ovom je slučaju udar, a odgovarajući Beauforti su daleko niži od 11, koliko bi dobili prema skali.

Trebalo je dakle pokušati da se nađe za neku određenu snagu vjetra u Beaufortima odgovarajući maksimalni udar vjetra. Zadatak su uzeli u rješavanje meteorološki stručnjaci, kao vanjski saradnici Instituta za elektroprivredu, izradivši elaborat naveden u pregledu literature pod [1].

Kako su jedini egzaktni podaci o brzinama vjetra bile brzine registrirane na anemografima spomenutih 8 stanica, uzete su one u obradu i to za razdoblje od 1955. do 1960. Uzeta je pretpostavka, da srednje satne brzine registrirane na anemografu odgovaraju srednjim brzinama Beaufortove skale za određene stupnjeve. Prema tome su se mogli srediti svi udari vjetra veći od 20 m/s, odnosno za kontinentalno po-

Srednji maksimalni i maksimalni udari vjetra Beaufortova stepena područja (m/s) **Tablica 1**

Beaufort	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Područja
Očekivana vrijednost (sr. maks. udari) m/s		22,2	22,4	22,8	23,1	25,8	29,2	33,5		I Dalmacija
Pozitivno odstupanje m/s		1,8	7,6	13,2	13,4	19,2	16,8	3,5		
Očekivana vrijednost (sr. maks. udari) m/s		21,0	22,0	23,5	25,3	28,5	33,5	38,5	40,5	II Hrv. Primorje
Pozitivno odstupanje m/s		1,0	13,0	7,5	7,7	12,5	16,5	8,5	—	
Očekivana vrijednost (sr. maks. udari) m/s	22,5	19,0	17,8	19,5	22,2					III Prijelazno područje: Gorski Kotar, Lika
Pozitivno odstupanje m/s	2,0	2,0	13,2	10,5	6,8					
Očekivana vrijednost (sr. maks. udari) m/s	16,8	16,8	17,2	18,0	19,5	22,0				IV Unutrašnjost
Pozitivno odstupanje m/s	6,2	14,2	8,8	7,0	3,5	1,0				

područje veći od 15 m/s, registrirani na anemografu prema odgovarajućim registriranim srednjim satnim brzinama (Beaufortima). Iz ovih podataka konstruirane su krivulje odnosa Beauforta i srednjih maksimalnih udara vjetra u m/s. Na temelju karakteristika udara vjetra dobivenih ovom analizom, teritorij Hrvatske razdijeljen je na četiri područja u kojima se mogu koristiti odnosi Beauforta i udara vjetra reprezentativnih meteoroloških stanica.

Područja su slijedeća:

I Dalmacija. Reprezentativne stanice: Sinj i Dubrovnik.

II Istra i Hrvatsko Primorje. Reprezentativne stanice: Škrljevo i Senj.

III Gorski Kotar i Lika. Reprezentativna stanica: Fužine.

IV Unutrašnjost. Reprezentativne stanice: Zagreb-Grič, Zagreb-Sljeme i Križevci.

U sl. 1 nacrtane su krivulje odnosa Beauforta i srednjih maksimalnih udara vjetra za četiri navedena područja, a donja krivulja, učinjena za orijentaciju daje odnos prema Beaufortnoj skali.

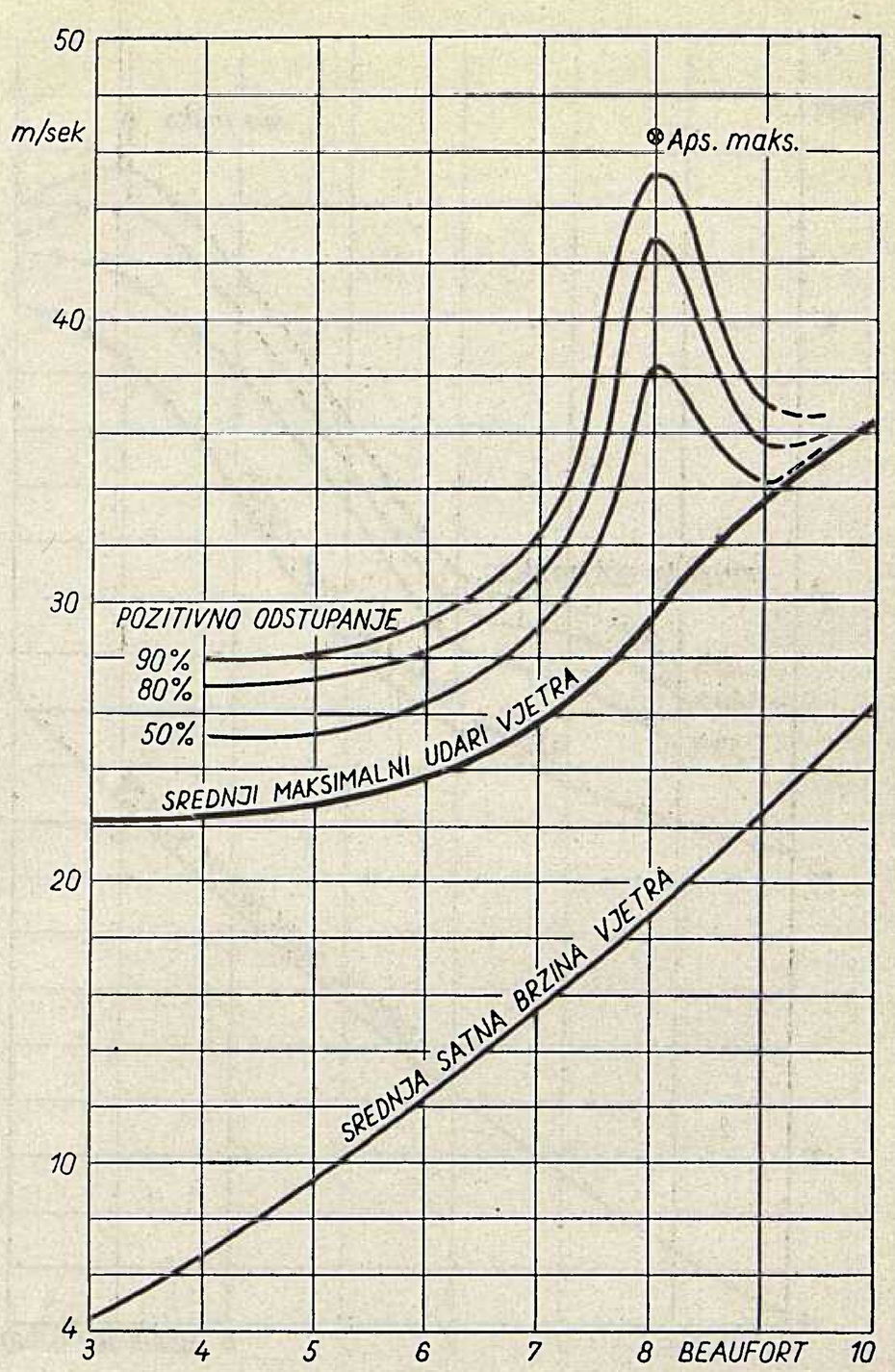
Iz dijagrama se razabire:

a) Odgovarajuća srednja brzina vjetra za neki Beaufort prema skali znatno je niža od odgovarajućih srednjih maksimalnih udara vjetra.

b) Za neki određeni Beaufort srednji maksimalni udari vjetra nisu u svim područjima jednaki. Kod iste jačine u Beaufortima, udari vjetra su najjači u Hrv. Primorju, a najslabiji u kontinentalnom dijelu. Prema tome, poznavanje snage vjetra u Beaufortima nije još dovoljno, da se ocijeni jačina udara, već je potrebno znati i područje.

c) Krivulje srednjih maksimalnih udara nisu za sva područja niti po svojem karakteru jednake. Krivulja za područje Gorskog Kotara pokazuje da su srednji udari vjetra čak jači kod niskih Beauforta nego kod srednjih.

d) Krivulje za prijelazno područje (Gorski Kotar i Lika) i unutrašnjost nacrtane su crtkano od 6 odnosno 7 Beauforta na više. To ukazuje na to, da u promatranih 6 godina nisu anemografi zabilježili ni jednu srednju brzinu koja bi odgovarala većoj vrijednosti (kasnije će se međutim vidjeti, da su mo-



Sl. 2 *Dubrovnik.* Odnos brzina vjetra u Beaufortima i m/s. Razdoblje mjerenja 1955—1960.

tritelji zabilježili skoro u svim stanicama u unutrašnjosti barem 8 Beauforta).

Treba međutim još jednom naglasiti da se pomoću ovih krivulja iz [1] dobivaju *srednji* maksimalni udari vjetra što znači, da ima odstupanja prema gore. Odstupanja u ovisnosti o Beaufortu i području pokazuje tablica 1.

Da se dobije bolja slika o veličini i karakteru odstupanja, učinjene su krivulje odstupanja gdje je obuhvaćeno 50 %, 80 % i 90 % registriranih udara vjetra (1955—1960) većih od srednjih, a posebno je nacrtana tačka apsolutnog maksimalnog udara vjetra u promatranom razdoblju za stanice s anemografima.

Uz ovaj su referat priloženi kao primjer dijagrami odstupanja za stanice Dubrovnik (sl. 2), Senj (sl. 3) i Zagreb-Grič (sl. 4).

Iz tablice 1 i dijagrama odstupanja može se vidjeti:

a) Odstupanja od očekivane srednje vrijednosti udara vjetra vrlo su velika (do 19 m/s).

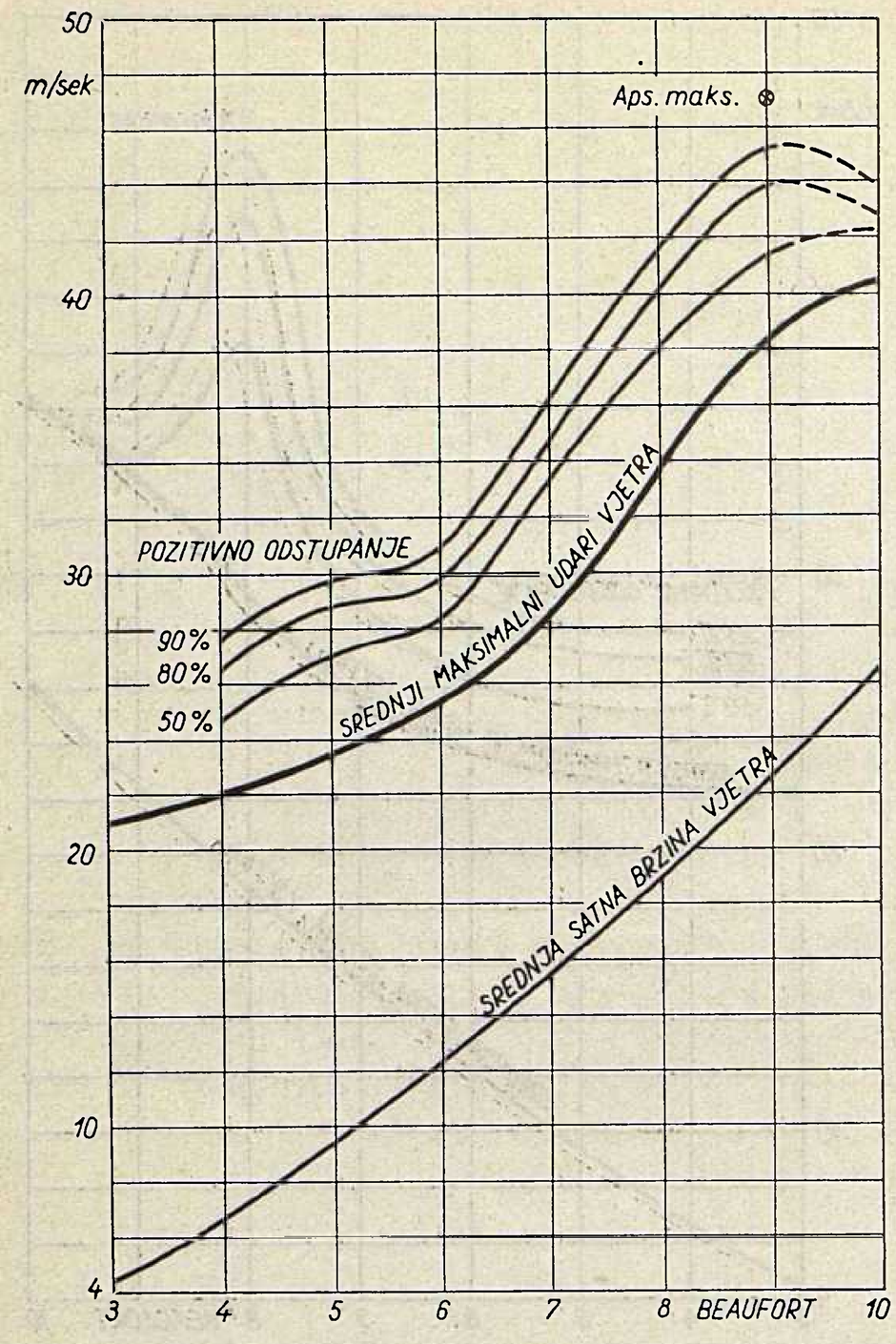
b) Maksimalni se udari ne javljaju kod maksimalnih Beauforta.

Što je krivulja srednjih maksimalnih udara niža, to apsolutni maksimumi nastupaju kod manjih Beauforta.

Kod stanice Zagreb-Grič najveći su udari vjetra nastupili već kod 3 Beauforta. To ukazuje na naročitu rafalnost vjetrova u unutrašnjosti.

Kod stanice Dubrovnik izobličenost odstupanja naročito je velika kod 8 Beauforta, a kod stanice Senj, gdje su vjetrovi najjači, najjači je udarac vjetra nastupio kod 9 Beauforta.

Upotreba krivulje srednjih maksimalnih udara vjetra (prema [1]) za pretvaranje Beauforta u m/s vrlo je jednostavna i pregledna, ali imajući u vidu veličinu i karakter odstupanja postavlja se pitanje da li je taj postupak u suglasnosti s važećim propisima (Sl. list br. 24/60, tačka 2). Propisi naime traže da brzina v s kojom se računa pritisak vjetra bude: »... *maksimalna brzina vjetra u m/s koja se na tom mjestu pojavljuje prosječno svakih 5 godina*«. Od-



Sl. 3. *Senj.* Odnos brzina vjetra u Beaufortima i m/s. Razdoblje mjerenja 1955—1960.

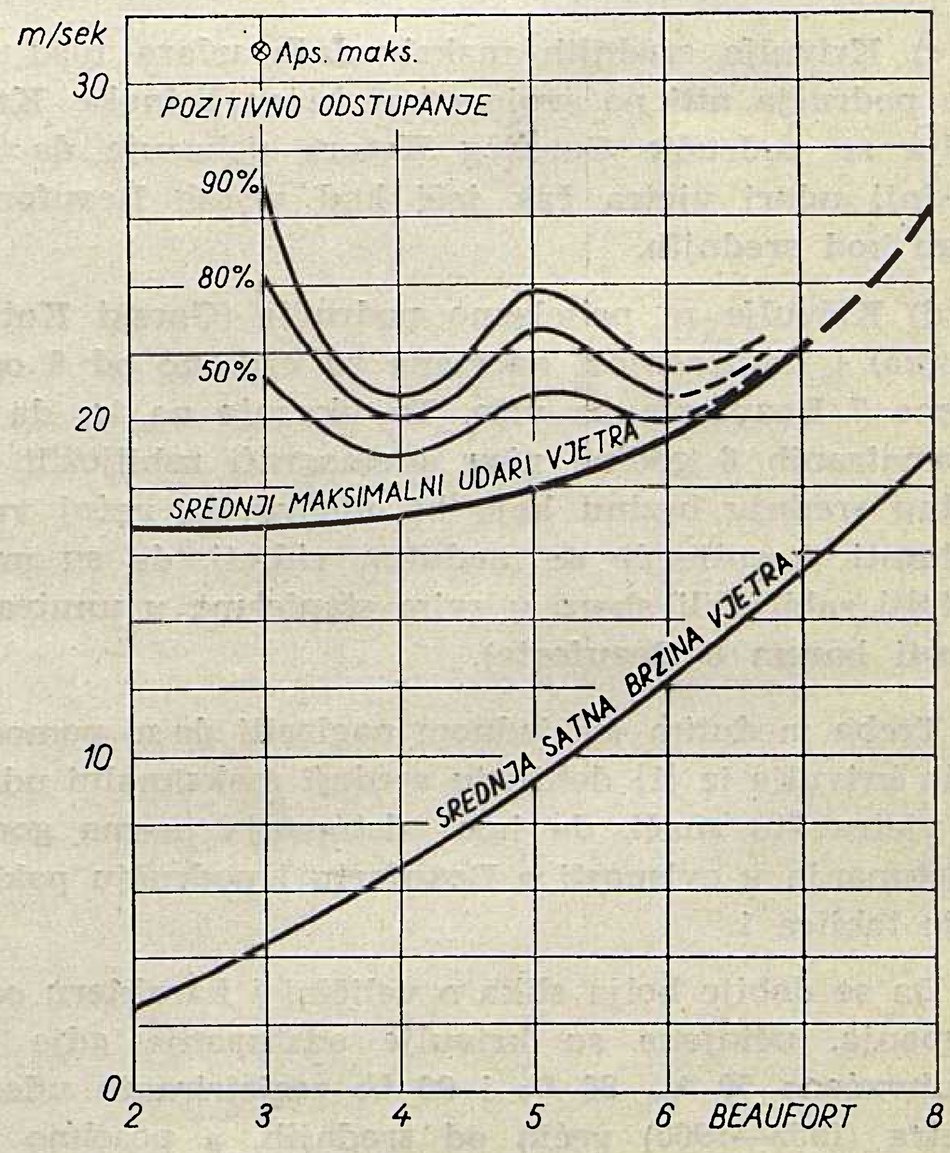
nosno, drugim riječima, to je brzina koja obuhvaća 60 % svih godišnjih maksimalnih brzina, a tek za 20 % brzina se može očekivati, da će biti veće od odabrane. Dakle moglo bi se govoriti o 5-godišnjem vjetru, po analogiji s pojmovima npr. 5-godišnje 20-godišnje itd. vode na nekom profilu vodotoka. Često se griješi kod tumačenja ovog člana propisa te se uzima aritmetička srednja maksimalna brzina nekog petogodišnjeg opažanja, što uvijek daje preniske rezultate.

Budući da stoje na raspoloženju podaci o maksimalnim Beaufortima za 5 do 10 godina za razmjerno mnogo stanica, mogli bi se uzeti podaci o vjetru iz stanica u blizini buduće trase voda i prema propisima odrediti tzv. petogodišnji Beaufort. Pretvaranjem dobivenog Beauforta u m/s problem bi bio riješen. Međutim za ovo pretvaranje nikako se ne bi smjela upotrebiti krivulja srednjih maksimalnih udara vjetra, već bi trebalo obuhvatiti barem 90 % pozitivnih odstupanja. Treba naime stalno voditi računa o tome da pritisak vjetra raste kvadratom brzine, a da odstupanja od krivulje srednjih udara dosižu do 75 % (tablica 1). Ako se pak usvoji pretvaranje Beauforta u m/s prema nekoj krivulji koja obuhvaća izvjesno pozitivno odstupanje, dolazi se do druge poteškoće koju izaziva karakter tih krivulja. Tako npr. kod Dalmacije, čija je reprezentativna stanica Dubrovnik (sl. 2), trebalo bi od 8 Beauforta na više računati s maksimalnim udarcem vjetra od 45 m/s. Kako u Dalmaciji praktički i nema područja čiji bi petogodišnji Beaufort bio ispod 8, ovim bi se postupkom stvarno opet vratili na zone te i cijelo područje Dalmacije morali računati s pritiskom vjetra od 130 kg/m^2.

Cijelo ovo razmatranje rađeno je pod pretpostavkom da je procjena stupnjeva Beauforta pojedinih motritelja tačna. No budući da se radi o procjeni, a ne o egzaktnim mjerenjima i tu treba računati s jakim elementom greške. Greška se može najbolje uočiti tamo, gdje za istu stanicu postoje i podaci anemografa i motritelja koji daju podatke o vjetru u Beaufortima. Tako npr., ako se izračuna 5-godišnji vjetar prema podacima meteorološke službe za Sinj i Dubrovnik iz anemografskih se podataka dobije za obje stanice 40,5 m/s, a iz motrenja za Sinj 11,5 Beauforta, a za Dubrovnik 9,6, dakle 2 Beauforta razlike. U stanici Križevac prema anemografima za promatrano razdoblje bio je zabilježen najjači udar vjetra od 25 m/s i srednja brzina od 7 Beauforta, dok su motritelji zabilježili 9 i čak 10 Beauforta.

Uzmu li se u račun svi momenti koji su se pojavili u ovoj analizi, može se stvoriti zaključak, da se tačnija računanja mogu vršiti samo na temelju anemografskih podataka, dok podaci u Beaufortima mogu biti tek orijentacioni, jer odgovarajući udari vjetra (u m/s) mogu stvarno varirati u vrlo širokom pojasu. Ne postoji dakle mogućnost da se na temelju podataka u Beaufortima učini bilo kakovo finije stupnjevanje pritisaka vjetra.

Meteorološki su stručnjaci na temelju navedenog materijala [1] i svojih iskustava izradili za NR Hrvatsku kartu osnovnih pritisaka vjetra (sl. 5). Područje je podijeljeno u tri grupe pritisaka 60, 90 i



Sl. 4. *Zagreb—Grič.* Odnos brzina vjetra u Beaufortima i m/s. Razdoblje mjerenja 1955—1960.

100 do 120 kg/m². Razdioba zona, premda neusporedivo detaljnija nego u propisima iz 1949. ipak je još prilično gruba, no to je bilo najviše što se moglo učiniti na temelju postojećih podataka. Ulaženje u još veće detalje ne bi se danas moglo dokumentirati.

Karta može vrlo dobro služiti kao orijentacija za projektante, naročito kod vodova nižih napona, dok kod važnijih vodova viših napona neće biti moguće i nadalje izbjeći pomoć meteorologa za konkretnu trasu. Pouzdani izvori podataka o brzini vjetra ostaju jedino anemografske stanice.

2. *Koeficijent djelovanja vjetra*

Budući da je za graditelja nadzemnog voda konačan cilj razmatranja o vjetru dobivanje sila na vod, potrebno je za određenu brzinu vjetra odrediti specifični pritisak na pojedine dijelove voda.

Aerodinamička formula za specifični pritisak vjetra glasi:

$$p = c\,\frac{v^2}{16}$$

gdje je

v brzina vjetra u m/s
c koeficijent djelovanja vjetra.

Do veličine $v^2/16$ došlo se iz formule

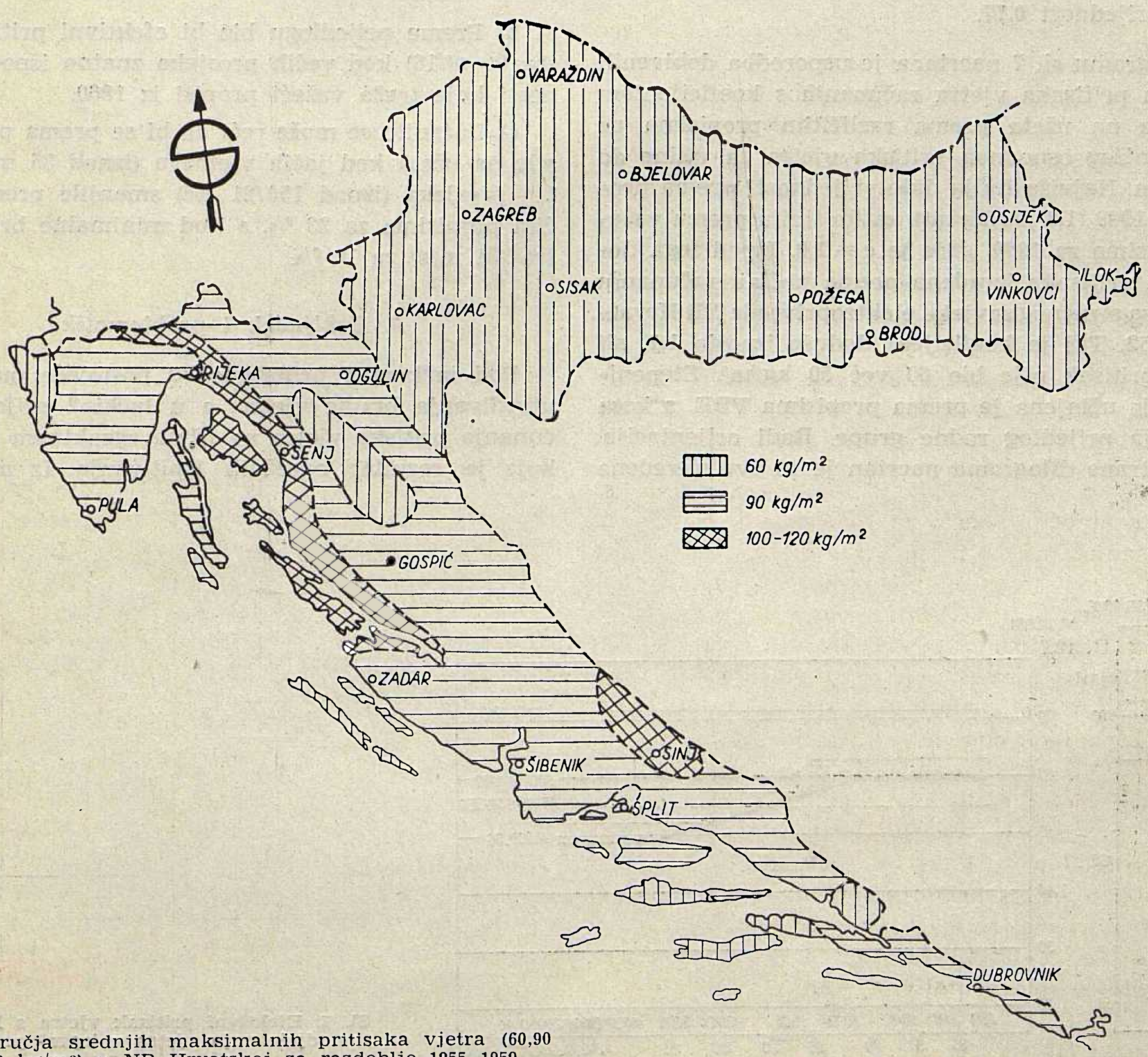
$$\gamma\,\frac{v^2}{2g} = \frac{1{,}222}{19{,}62}\,v^2 = \frac{1}{16}\,v^2$$

gdje je

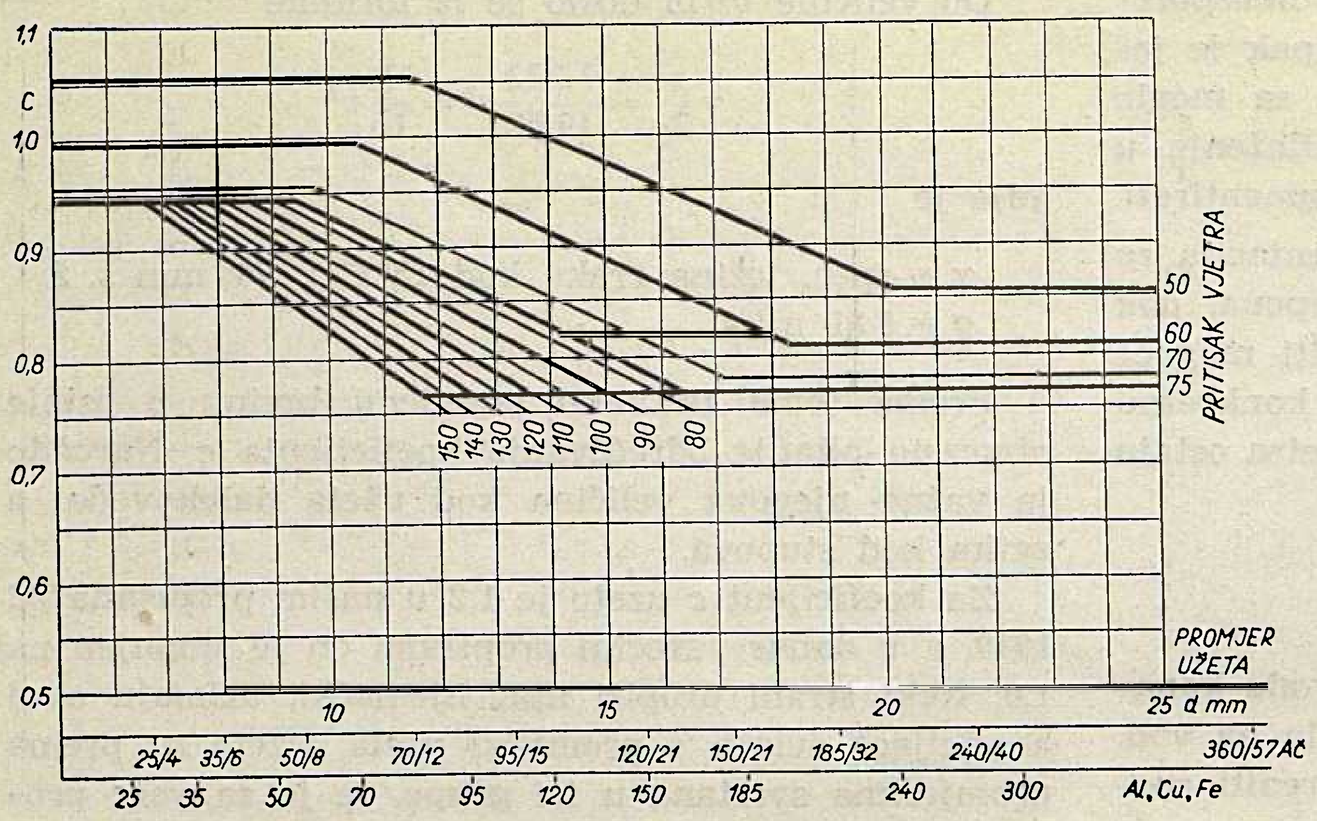
γ = spec. težina zraka kod 15° C i 760 mm s. ž.
g = 9,81 m/s²

Prema tome za neku određenu brzinu v ostaje otvoreno pitanje određivanja koeficijenta c. Naročito je važna njegova veličina kod užeta dalekovoda, a zatim kod stupova.

Za koeficijent c uzeto je 1,2 u našim propisima od 1949, a u danas važećim propisima on je smanjen na 1,0. Neki strani propisi npr. njemački, uzimaju ovaj koeficijent ovisan o promjeru užeta. Užeta su prema promjerima svrstana u tri grupe, te je za veće promjere uzet manji, a za manje veći koeficijent. Budući da je c u našim propisima konstantan i neovisan o promjeru, radna grupa za propise u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu pokušala je izraditi prijedlog koeficijenta c koji bi fizikalno vjernije odražavao djelovanje vjetra. Budući da kod nas nisu provedena mjerenja iz ovog područja, kao uzor su uzeta opsežna sovjetska ispitivanja opisana u referatu CIGRE br. 225 iz 1960 [3].



Sl. 5. Područja srednjih maksimalnih pritisaka vjetra (60,90 i 100–120 kg/m²) u NR Hrvatskoj za razdoblje 1955–1959.



Sl. 6. Koeficijent djelovanja vjetra na užeta dalekovoda (ovisnost koeficijenta C o pritisku vjetra i o promjeru užeta)

Na temelju podataka i dijagrama iznesenih u tom referatu izrađen je za naše presjeke dijagram ovisnosti koeficijenta c od promjera užeta uz različite osnovne pritiske vjetra (dijagram sl. 6).

Iz dijagrama se vidi, da je c najveći kod malih promjera užeta i malih brzina (odnosno pritisaka), dok kod pritisaka većih od 75 kg/m² i promjera većih od nekih 16 mm koeficijent pada na najmanju i konstantnu vrijednost 0,77.

U dijagramu sl. 7 nacrtana je usporedba dobivenih efektivnih pritisaka vjetra računanih s koeficijentom djelovanja na užeta prema različitim propisima uz uvjet najnižeg osnovnog pritiska vjetra za visine do 30 ili 40 m. Najviša linija daje vrijednosti prema propisima iz 1949 (1,2 · 60 kg/m²), zatim linija prema važećim propisima za 1960, gdje je c = 1,0. Ispod toga dolazi linija pritisaka izrađena prema načinu računanja iz uputstva stručnog savjeta elektroprivrede NR Hrvatske iz 1952. Taj je koeficijent doduše iznosio 1,1, ali osnovni pritisak nije bio 60 već 50 kg/m². Stepenična linija učinjena je prema propisima VDE, a kosa predstavlja prijedlog radne grupe. Radi orijentacije, s lijeve strane dijagrama nacrtan je za sve navedene propise specifični pritisak na željezne rešetkaste stupove.

Na temelju dijagrama 6 i 7 u vezi novog prijedloga može se reći slijedeće:

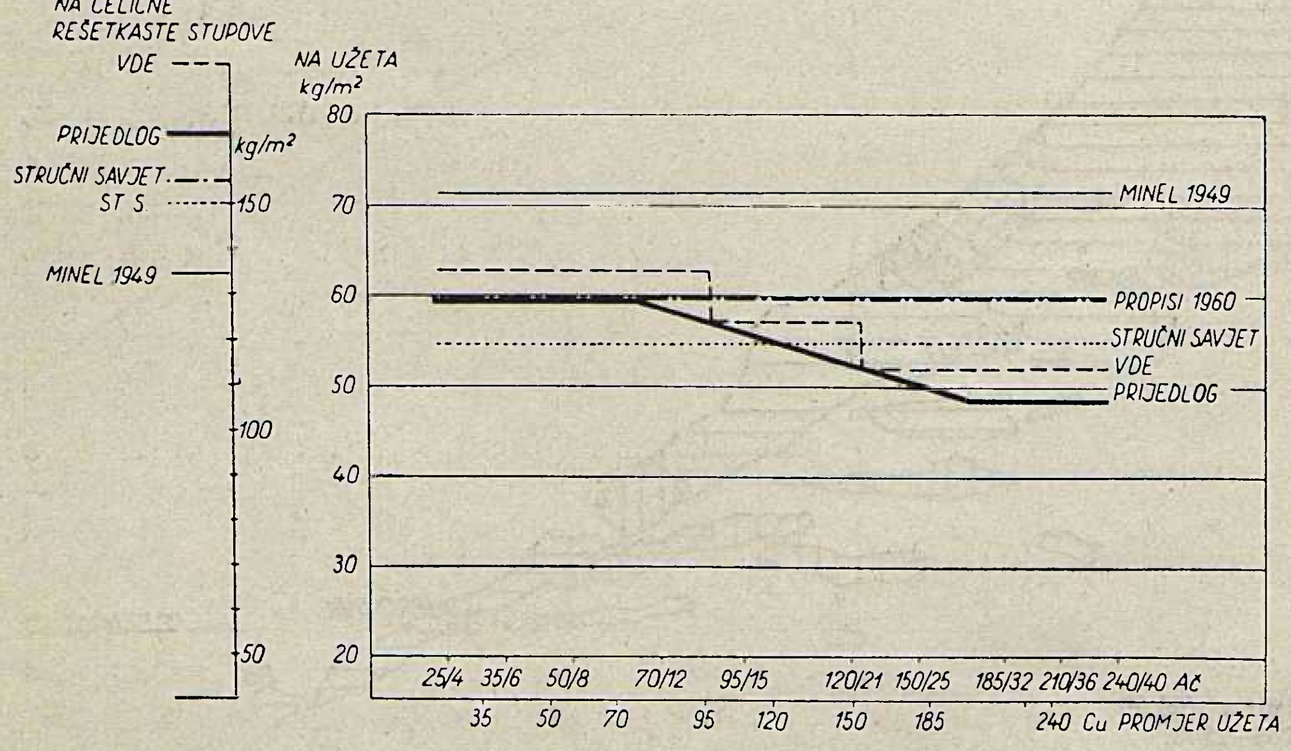
a) Način računanja s koeficijentom pritiska vjetra prema dijagramu sl. 6 kompliciraniji je nego način računanja s konstantnim koeficijentom, ali je fizikalno daleko vjerniji.

b) Prema prijedlogu bio bi efektivni pritisak vjetra ($c \cdot v^2/16$) kod većih prosjeka znatno ispod vrijednosti koje traže važeći propisi iz 1960.

c) Općenito se može reći da bi se prema prijedlogu sile na užeta kod jačih vjetrova (iznad 35 m/s) i većih presjeka (iznad 150/21 Ač) smanjile prema važećim propisima za 23 %, a kod minimalne brzine vjetra (31 m/s) za 18 %.

3. Zaključak i problematika

Pod tačkom 1 prikazane su postojeće mogućnosti utvrđivanja brzine vjetra, a u tački 2 prijedlog računanja pritiska vjetra na užeta egzaktnom metodom koja je rezultat opsežnih ispitivanja. Iz materijala



Sl. 7. Efektivni pritisak vjetra s koeficijentom djelovanja vjetra u kg/m² prema različitim propisima

iznesenog u ove dvije tačke proizlazi slijedeća problematika koju bi trebalo prodiskutirati:

a) Kakve mogućnosti postoje u drugim republikama u pogledu tačnijeg određivanja brzine vjetra i kakva su u tom pogledu dosadašnja iskustva?

b) Kakve su mogućnosti za rješavanje tog problema u budućnosti? Koje bi mjere trebalo poduzeti?

c) Ako mogućnosti utvrđivanja brzina vjetra nisu bolje nego u NR Hrvatskoj, ima li smisla prihvatiti doduše tačniju, ali kompliciraniju metodu određivanja koeficijenta c? Da li kod prilično nesigurnog podatka o brzini vjetra ima smisla određivati tačan koeficijent djelovanja.

d) Uzme li se konstantan koeficijent djelovanja vjetra na užeta, sigurno je, da će vodovi većih presjeka biti sigurniji. Može li se tada usvojiti princip, da su vodovi većih presjeka redovno i važniji pa je veća sigurnost na mjestu?

e) Ima li smisla daljnje ublažavanje sile vjetra na stup imajući u vidu rješenja vodova u posljednje vrijeme? Izvjesno bi se ublaženje izvršilo u novoj redakciji važećih propisa već time što se predlaže da se osnovna visinska zona djelovanja vjetra poveća od 30 m na 40 m.

f) Ukoliko ima mogućnosti da se izvrše ublaženja važećih propisa može se prihvatiti i neko međurješenje između konstantnog koeficijenta i prijedloga (prema dijagramu) npr. da se koeficijent 1,0 prema važećim propisima ostavi do promjera užeta od 15 mm, a zatim da se smanji na 0,9 čime bi se dobili pritisci slični onima prema preporuci stručnog savjeta elektroprivrede NRH iz 1952. Kao dokumentacija za to smanjenje mogla bi služiti činjenica da danas ima u pogonu mnogo vodova računanih prema tim preporukama.

Literatura

[1] Kirigin, Labović, *Brzine vjetra na području NRH.* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

[2] Markovčić, *Snage vjetra na području NR Hrvatske (I dio, brzine u Beaufortima).* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1960.

[3] Birjulin, Burgsdorf, Mahlin, *Les charges de vent sur les lignes aériennes.* CIGRE 1960. N 225.

Naslov pisca: Ing. Boris Markovčić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

EKONOMIČNOST ILI NEEKONOMIČNOST STARIH TERMOELEKTRANA

Referat za VI zasjedanje JNK CIGRE u Budvi 1962.

Milan Šodan, Zagreb

Obrađuje se vrlo aktuelan problem starih i dotrajalih termoelektrana, te iznosi mišljenje, da bi troškove njihove eksploatacije trebalo bitno sniziti smanjenjem broja posade, financiranjem samo manjih popravaka, a u iznimnim slučajevima i njihovom fizičkom likvidacijom. Budući da o tom pitanju nije vođena diskusija u jugoslavenskim razmjerima, a sa strane Jugela ne postoje kriteriji ili mjerila o tom predmetu, članak može poslužiti kao poticaj da se taj problem konkretno raspravi i donesu odgovarajući zaključci. Izneseno mišljenje predstavlja i stav Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske.

DK 621.311.22.003

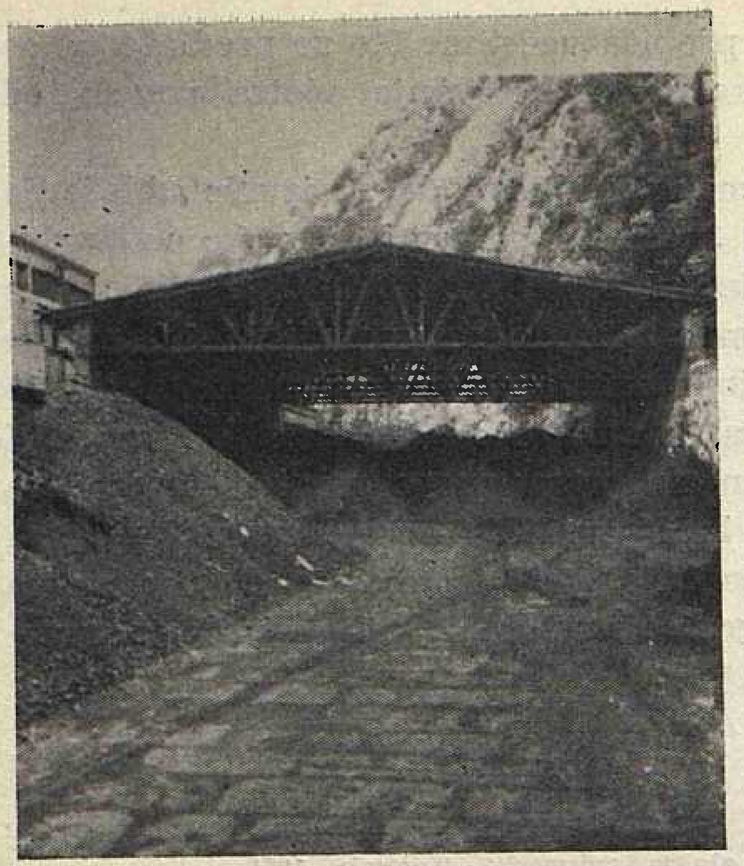
U jugoslavenskom elektroprivrednom sistemu ima oko 70 MW starih termoelektrana sa specifičnim troškovima goriva od oko 10 Din/kWh. Njihovo trajanje korištenja je kratko i kreće se od 1000 do 2000 sati ili nešto više, tako da je ukupna cijena kWh veoma visoka. Nema smisla povećavati njihovo trajanje korištenja da bi se smanjila jedinična cijena njihovog kWh, već je opravdano da je korištenje tih elektrana što niže.

Pita se, da li se stalni troškovi ovih termoelektrana mogu smanjiti s obzirom na slabo korištenje, nadalje da li je opravdano s obzirom na ekonomiju goriva, isključiti ove elektrane iz pogona, a u njihovu zamjenu izgraditi nove.

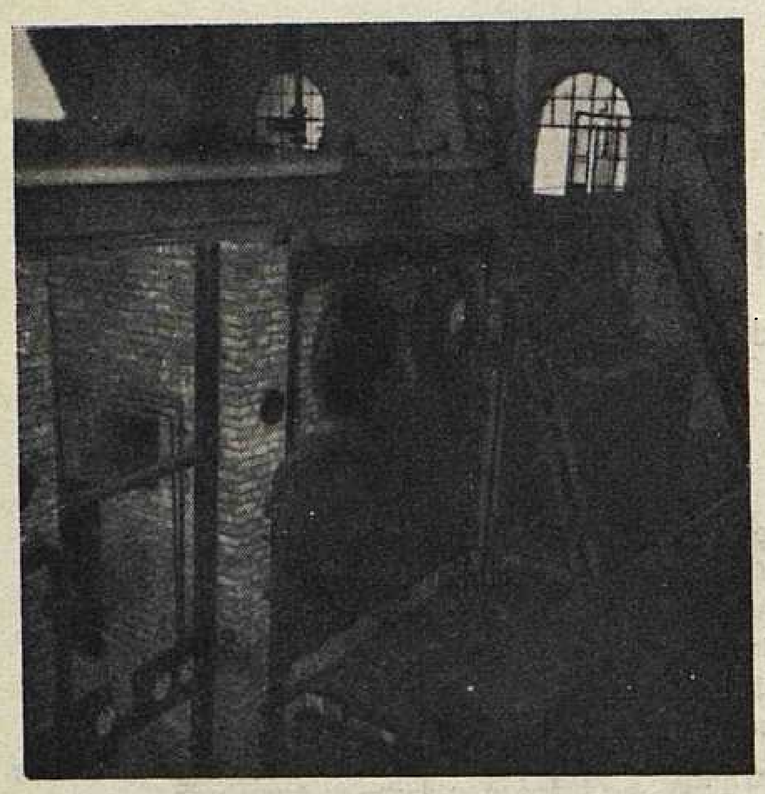
Ustanovljeno je, da u sadašnjem stanju u jugoslavenskom sistemu treba ići na postepeno, ali brzo smanjenje troškova uzdržavanja i pogona ovih elektrana s tim da krajnji cilj bude njihovo stavljanje van upotrebe primjenjujući konzervaciju a ne, zasada, i fizičku likvidaciju osim kod sasvim malih snaga, odnosno kad je postrojenje neispravno i zahtijeva osjetne rekonstrukcije.

Potiskivanje starih termoelektrana normalna je pojava. Kada se izgradi nova i savremena termoelektrana, ona će u pravilu biti više korištena od svake postojeće termoelektrane. Tako npr., u elektroenergetskom sistemu, s potpunom ili pretežnom proizvodnjom iz termoelektrana, njeno će se korištenje kretati i preko 7000 sati godišnje. Teoretski već bi se iduće godine razmatrana termoelektrana koristila u nešto manjem vremenu, zbog ulaska u pogon nove termoelektrane za pokriće porasta konzuma, koja bi po pretpostavki trebala biti ekonomičnija od svih ostalih. U daljnjim godinama to će korištenje biti sve manje pa će pasti na 2000—3000 sati. Ovo razmatranje za jednu elektranu vrijedi samo teoretski, ali ako se ono proširi na sve termoelektrane i na duži period, onda ono dobiva i praktično značenje, pa tako dolazimo do konstatacije da je korištenje jedne termoelektrane obrnuto proporcionalno njenoj starosti, shvaćajući riječ »starost« u širem smislu.

Kvalitetno ova razmatranja vrijede i za sistem s kombiniranom proizvodnjom iz termoelektrana i hidroelektrana, jedino postoji razlika u trajanju ko-



Sl. 1. Skladište ugljena u staroj termoelektrani s ručnim istovarom iz kamiona i ručnom dopremom do bunkera



Sl. 2. Stari tip kotla u staroj termoelektrani



Sl. 3. Postrojenje za odvoz drozge u jednoj staroj termoelektrani s vagonetima

rištenja termoelektrana, koje se u početku kreće iznad 5000 sati pa opada npr. na 1500 sati. Trajanje korištenja dobrim dijelom ovisi o odnosu proizvodnje hidroenergije i termoenergije u sistemu, ali i o hidrološkom karakteru vodotoka kao i o karakteristikama konzuma. Iz razumljivih razloga korištenje termoelektrana tim je manje što je učešće hidroenergije veće.

Postavlja se pitanje, zašto trajanje korištenja termoelektrana ne bi išlo i niže, pa se vremenom približilo nuli. U sistemu s apsolutnom termoproizvodnjom smanjenje korištenja ispod određene vrijednosti nije moguće, jer bi to zahtijevalo veoma velik broj ulazaka i izlazaka iz pogona što termoelektrane ne mogu savladati. U kombiniranom sistemu trajanje korištenja moglo bi stvarno biti niže nego što je u praksi i moglo bi se u prosjeku približiti nuli. Do toga ipak ne dolazi, jer se kratko korištenje jedne termoelektrane ekonomski ne može suprotstaviti kratkoj redukciji potrošnje. Kako se vidi potreban je mali skok da se neka stara termoelektrana prestane koristiti i da se onda može u pravom smislu riječi likvidirati. Posebno je pitanje kada taj skok treba nastupiti, da bi on imao opravdanje i da li opravdanje uopće postoji.

Pođe li se od činjenice da se stare termoelektrane u pojedinim zemljama deklasiraju pa i doslovno likvidiraju, može se reći da je deklasiranje pa i likvidacija, starih termoelektrana u principu opravdana. Međutim, pravi moment, kako će se pokazati, može se odrediti tek razmatranjem pojedinog slučaja elektrane i sistema pa i onda će odluka slijediti na temelju izvjesnog osjećaja i ocjene situacije.

Svrha je ovog referata, da ukaže na neke momente i rezultate, koji su otkriveni prilikom razmatranja nekih konkretnih slučajeva starih termoelektrana u našem sistemu.

Razmatranja su vršena za nekoliko starih termoelektrana ukupne raspoložive snage cca 34 MW na generatoru. Troškovi goriva u ovim elektranama kretali su se oko 10 Din/kWh. Poznato je da postoje mišljenja da je za kratka trajanja korištenja povoljnije proizvoditi energiju i u vrlo skupim termoelektranama, nego graditi novu snagu, koja bi tu proizvodnju dala uz znatno niže troškove goriva, ali bi zahtijevala nove investicije. Zbog toga su ova stanovišta razmatrana s punom pažnjom iz raznih aspekata. Posebno je respektirano mišljenje, da još uvijek ne treba postojeće stare a sposobne kapacitete likvidirati tj. onesposobiti, ako se i sagradi nova snaga, jer ti postojeći kapaciteti mogu poslužiti kao dodatna rezerva u nepredviđeno teškim situacijama, ili posebno izvanrednim prilikama.

Analizom konkretnih slučajeva ustanovljeno je da u razmatranim starim termoelektranama, kako je već rečeno, troškovi goriva iznose oko 10 Din/kWh. Zatim je utvrđeno da je korištenje ovih elektrana u zadnjim godinama bilo u osjetnom iznosu veće od neophodnog, i da su kod toga imali utjecaja ne samo objektivni nego i subjektivni momenti. Dalje je konstatirano da su efektivni stalni troškovi u ovim elektranama iznosili u prosjeku za zadnje četiri godine oko 640 milijuna Din/god. ili 19 milijuna Din/MW

godišnje. Napominje se, da je u te troškove ušlo samo ono što za privredu kao cjelinu čini trošak, da su, dakle, isključeni svi fiskalni troškovi. Isto je tako utvrđeno, da je broj ljudi u ovim termoelektranama znatno previsok, čak viši nego što bi bilo potrebno za normalan trajniji pogon, a ne samo 1000—2000 sati godišnje. Napokon je konstatirana odsutnost svakog realnog sagledavanja perspektive ovih elektrana. Sve u svemu može se reći, da je iznos stalnih troškova predstavljao veliko iznenađenje, a posebno velik broj ljudi, koji je iznosio oko 600 ljudi u razmatranim elektranama ili oko 18 ljudi po raspoloživom MW.

Polazeći od navedenih činjenica uspoređene su ove dvije alternative:

a) obustaviti skupu proizvodnju ovih termoelektrana i u sušnijim periodima provesti povećane dodatne redukcije potrošnje koje odgovaraju snazi razmatranih elektrana uz trajanje redukcije od 1500 sati (ekonomske redukcije) [1 i 2], i odgovarajuće štete u industriji;

b) ostaviti postojeće stanje uz odgovarajuće troškove u elektroprivredi.

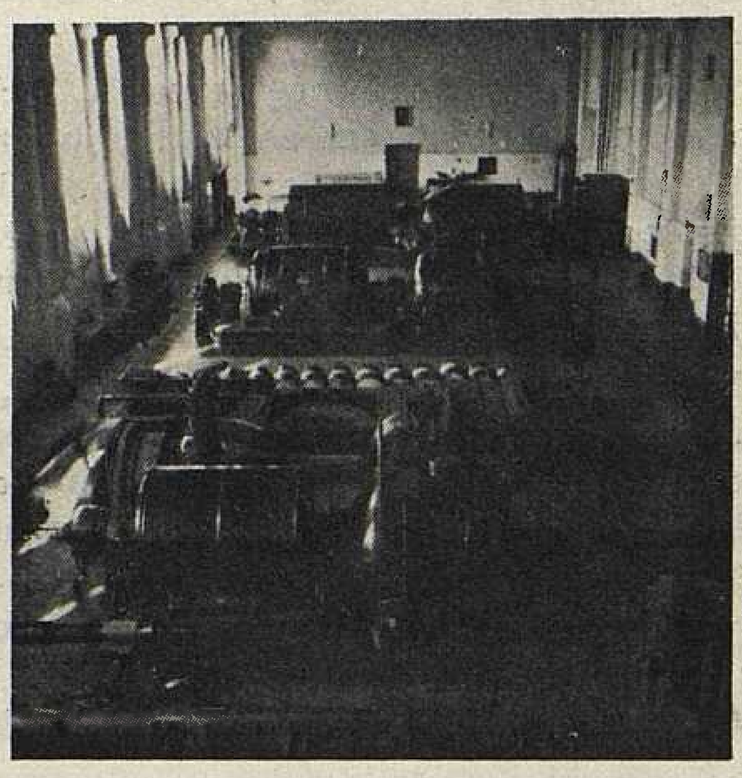
Dobiveni rezultati pokazali su, da se u slučaju a) može u industriji očekivati šteta od 884 milijuna Din godišnje, a u slučaju b) troškovi u elektroprivredi od 816 milijuna Din/god. Ovaj na prvi pogled neočekivani rezultat u korist alternative b) proizašao je iz relativno visokih šteta u industriji zbog redukcije 1 kWh. Uza sve to ovim se rezultatom nismo mogli zadovoljiti tim više što se smatra, da za iznos šteta u industriji ne postoji pouzdan podatak. Stoga se je, kao daljnji korak, preispitalo vrijeme trajanja proizvodnje u ovim termoelektranama, a u vezi s tim i iznos dodatnih redukcija.

Na temelju rezultata istraživanja elektroenergetske situacije za period 1962—1967. [3] utvrđeno je da bi ove termoelektrane trebale biti korištene samo oko 500 sati godišnje u prosjeku, tako da bi povećane redukcije uslijed njihove eventualne likvidacije bile znatno manje, pa time i štete u industriji, koje bi sada iznosile samo 247 milijuna Din/god. Ovi rezultati dali su sasvim drugu sliku i pokazali su da troškovi elektroprivrede za ove termoelektrane moraju biti podvrgnuti ozbiljnoj analizi, i da bi postepeno trebali biti smanjeni bar na trećinu dosadašnjeg iznosa.

Budući da je u jednoj analizi utvrđeno da za jugoslavenski sistem najbolje odgovara trajanje redukcije od oko 1500 sati/god. [1], činjenica, da u idućim godinama treba očekivati znatno kraće redukcije, a time i korištenje najstarijih termoelektrana, ukazuje, da je zapravo izgrađeno odnosno da je u gradnji nešto više elektrana od optimalnog iznosa za oko 80—100 MW. Upravo toliko otprilike ima u Jugoslaviji starih termoelektrana s troškovima goriva oko 10 Din/kWh, pa se može izvesti i zaključak, da je izgrađeno upravo dovoljno elektrana, s tim da se najstarije termoelektrane mogu deklasirati. Međutim, stvarno nije vršena slična prethodna analiza već se je obujam izgradnje novih izvora vršio po drugim kriterijima, ma da se je tu i tamo spominjalo likvidiranje pojedinih starih termoelektrana.

Ostaje, dakle, potreba da se ispita kako izgleda opravdanost izgradnje novih termoelektrana u svrhu obustave starih termoelektrana.

Ako u nekom sistemu postoje termoelektrane raznog iznosa troškova goriva po kWh, moći će se izgradnjom nove i savremene termoelektrane obustaviti proizvodnja starih termoelektrana iste snage. Kao rezultat smanjit će se troškovi goriva, jer će nova termoelektrana preuzeti proizvodnju starih elektrana, ali isto tako jednim dijelom i proizvodnju svih ostalih postojećih termoelektrana, jer po pretpostavci one sve imaju veće troškove goriva od nove termoelektrane. Pored toga smanjit će se troškovi posade, koji će u novoj elektrani biti znatno niži. S druge strane rezultirat će odgovarajući troškovi kapitala, jer su za novu termoelektranu potrebne investicije. O troškovima održavanja i popravaka teško je općenito dati punovažan sud, ali se može sa sigurnošću reći da ti troškovi (efektivni) u novom postrojenju neće biti veći od odgovarajućih troškova u starom postrojenju. Novo će postrojenje doduše biti višestruko korišteno a time i naprezano, ali stanje starog postrojenja u pravilu je daleko lošije.



Sl. 4. Strojarnica u staroj termoelektrani s nizom jedinica

Pokušano je, da se ovakva usporedba izradi za jugoslavenski sistem. U narednoj tablici dan je sastav snage termoelektrana u sistemu za slučaj 1965., prema analizama, koje su izvršene na drugom mjestu. Poteškoće su se pojavile u izvjesnoj mjeri kod kategorizacije termoelektrana, a i kod utvrđivanja trajanja korištenja pojedinih kategorija. Međutim uvijek se nastojalo, da se ostane na strani sigurnosti.

Grupa elektrana	Snaga MW	Cijena goriva Din/kWh	Trajanje korištenja h/god.	Godišnja proizvodnja GWh/god.	Troškovi goriva 10^6 Din/g.
I	730	2,5	5.140	3.755	9.388
II	250	4,0	3.000	750	3.000
III	80	6,0	2.500	200	1.200
IV	70	10,0	1.500	105	1.050
Ukupno	1.130			4.810	14.638

Ako se slična tablica napravi za slučaj da je izgrađena nova elektrana snage 70 MW i da se proiz-

vodnja starih termoelektrana obustavi, dobiju se naredni podaci:

Grupa elektrana	Snaga MW	Cijena goriva Din/kWh	Trajanje korištenja h/god.	Godišnja proizvodnja GWh/god.	Troškovi goriva 10^6 · Din/g.
I a)	70	2,3	6.000	420	966
I	730	2,5	4.850	3.545	8.863
II	250	4,0	2.860	715	2.860
III	80	6,0	1.630	130	780
IV	70	10,0	—	—	—
Ukupno	1.200			4.810	13.469

Usporedbom ukupnih troškova goriva iz razmatrana dva slučaja dobije se ušteda na gorivu, ako se stare termoelektrane zamijene novom, u iznosu od 1.169 milijuna Din/god. Ako se još uvaži da je u ovim starim termoelektranama zaposleno oko 15 ljudi po MW uz godišnja bruto-primanja od 600.000 dinara po čovjeku, a da se u novoj termoelektrani može postići 2 čovjeka po MW uz godišnja primanja po 700.000 dinara, onda se tu pojavljuje ušteda od 532 milijuna Din/god., što s uštedom na gorivu čini ukupno 1.701 milijun Din/god. Može se prigovoriti da je u starim termoelektranama broj ljudi nepotrebno velik i taj prigovor je više nego opravdan, ali s druge strane — stvarnost je neumoljiva.

Da bi se gornje uštede mogle postići, treba investirati oko 9 milijardi dinara za izgradnju nove elektrane oko 70 MW. Svakako, da se ne bi gradila nova elektrana samo te snage, već u sklopu neke druge veće elektrane, u kom se slučaju jedino i može postići gornji efekt.

Prodiskutiraju li se malo gornji rezultati, vidi se, da se uštedama na gorivu i radnoj snazi može otplatiti investicioni zajam zajedno s kamatama od 6% u roku od 7 godina. Ako bi stavili u sumnju uštedu na posadi, što u potpunosti nije moguće, onda se investicioni zajam može otplatiti samim uštedama u gorivu za 11 godina. Svakako da ovi rezultati prilično ukazuju na ulogu starih termoelektrana koja će im pripasti.

Na temelju svega ovoga slijedio bi zaključak da nema smisla održavati stare termoelektrane u pogonu i da je njihova energetska likvidacija opravdana.

No uza sve to treba ukazati na neke probleme u pogledu postavki koje su ovom prilikom primijenjene. Ne postoji prihvaćeni i jedinstveni kriterij za Jugoslaviju u pogledu optimalnog trajanja redukcije, pa prema tome ni kriterij za obujam izgradnje elektrana. S obzirom na elektroenergetsku situaciju u idućim godinama ima tu i tamo neusklađenih mišljenja. Isto su tako rokovi ulaska u pogon pojedinih izvora vezani izvjesnim rizikom.

Uzimajući sve ovo u obzir došli smo do zaključka, da je u sadašnjem momentu opravdano i moguće da se kod razmatranih elektrana pristupi bitnom smanjenju godišnjih efektivnih troškova, što treba postići promjenom načina dosadašnjeg uzdržavanja postrojenja i vođenja pogona. Stalo se na stanovište, da u tim elektranama treba veoma kritički ocijeniti opravdanost trošenja i najmanjih sredstava u svrhu rekonstrukcija i preinaka. Isto tako kod remonta i revizija treba uzeti više slobode i ne treba izvoditi sve eventualne radove koji bi bili za preporuku, ako time nije direktno ugrožena sigurnost. Zatim se stalo na stanovište da broj ljudi treba intenzivno smanjivati, počevši najprije s nižim kvalifikacijama, ali isto tako i s višim. Tokom kratkog eventualnog pogona ovih elektrana ostaje mogućnost da se nekvalificirana i polukvalificirana radna snaga uzme privremeno u radni odnos, a da se nakon kampanje opet otpusti, odnosno prebaci na drugi posao. U pogledu viših kvalifikacija predviđa se kombinirano korištenje posade u pojedinim drugim poslovima, ma da organizaciona forma današnjih poduzeća u tom pogledu ne obećava mnogo.

Sve ovo neminovno vodi manjoj spremnosti ovih postrojenja za pogon, ali toga smo svijesni i s tim računamo, jer smatramo ako ove elektrane budu i radile da će za to biti prave potrebe tek po koji mjesec otprilike svake druge ili treće godine.

Kao daljnji korak smatramo da bi ovakve termoelektrane, koje su sposobne za pogon, trebalo potpuno staviti van pogona, konzervirati ih, osigurati im minimalni nadzor i njegu i zadržati ih kao zadnju rezervu za svaku slučajnost, koja ni ne mora dolaziti iz ekonomskih razloga. Fizička likvidacija ovakovih postrojenja, u sadašnjem momentu pa i u nekoliko idućih godina, ne bi došla u obzir, dok će daljnja budućnost na to baciti više svjetla.

Držimo, da ona postrojenja koja su praktički nesposobna ili polusposobna za pogon i koja zahtijevaju osjetnije rekonstrukcije, nikako ne treba ospobljavati i da u danim okolnostima dolazi u obzir i njihova fizička likvidacija.

Literatura

[1] P o ž a r: *Pogon i izgradnja industrije s povremenim smanjenjem proizvodnje i obustavom pogona.*

[2] W i p l i n g e r: *Štete za industriju NRH zbog redukcije i prekida električne energije.*

[3] P o ž a r: *Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 1962—1967.*

Naslov pisca: Ing. Milan Š o d a n, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

SIMETRIRANJE JEDNOFAZNIH OPTEREĆENJA ZA ELEKTRIFIKACIJU ŽELJEZNIČKE VUČE, RADI POJEDNOSTAVNJENJA PRORAČUNA MREŽA 110 kV

Referat za VI zasjedanje JNK CIGRE u Budvi 1962.

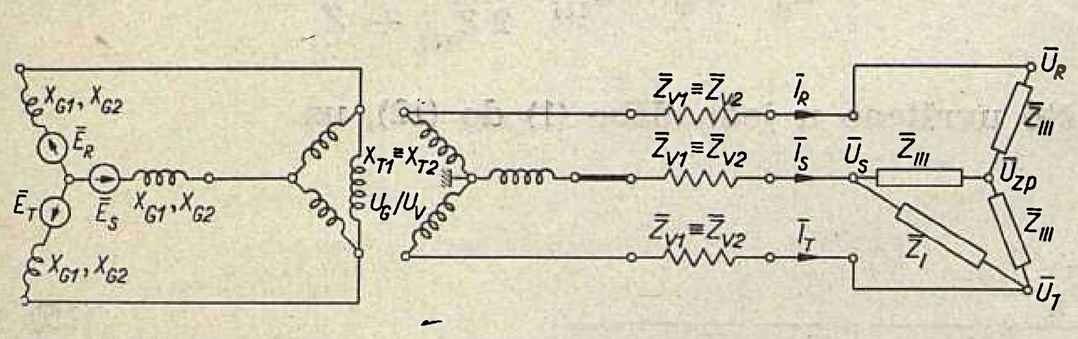
Miroslav Jung, Zagreb

Primjena egzaktnih postupaka za proračun nesimetrično opterećenih trofaznih mreža bitno produžava i poskupljuje idejna rješenja perspektivnih mreža visokog napona. Prema optimističkim predviđanjima, na kraći i srednji rok, jednofazna opterećenja za elektrifikaciju naše željezničke vuče neće prelaziti 2,5 % po energiji, odn. 3,5 % po snazi, od ukupnih potreba sistema. Stoga se predlaže računsko simetriranje jednofaznih opterećenja, koje omogućava primjenu postupaka za proračun simetrično opterećenih balansiranih sistema. Predloženi aproksimativni postupak za proračun naših mreža visokog napona bitno skraćuje i pojeftinjuje idejna rješenja, a da s obzirom na tačnost predviđanja perspektivnih potreba pri tom ne utječe na smanjenje tačnosti potrebnih rezultata.

DK 621.331

Prema sadašnjim shvaćanjima predstavlja elektrifikacija vuče na našim željezničkim prugama neospornu potrebu, čijoj realizaciji treba pristupiti sa svom mogućom obzirnošću i naporima, kako bi se problem željezničkog transporta riješio na tehnički i ekonomski najoptimalniji način. Na osnovu provedenih studija smatra se, da će se postavljenom zadatku najbolje udovoljiti, ako se vuča na pretežnom dijelu naših željezničkih pruga bude elektrificirala jednofaznim naponom 25 kV industrijske frekvencije. Tek za manji broj i dužinu željezničkih pruga u zapadnom dijelu zemlje smatra se, da će na osnovu postojećeg stanja bolje odgovarati istosmjerni sistem.

S elektroprivrednog stanovišta predstavlja izbor sistema za napajanje vučne mreže, te način njegovog priključka na mrežu visokog napona, s prostornom i vremenskom raspodjelom stvarnih potreba, osobito



Sl. 1. Tropolna shema priključka jednofaznog opterećenja za elektrifikaciju željezničke vuče na javnu mrežu

značajan faktor. Dok istosmjerni sistem napajanja vučne mreže ne predstavlja praktičkih poteškoća, jednofazni sistem povlači za sobom čitav niz problema koje treba riješiti, kako bi se osigurala potpuna pouzdana opskrba željezničkih konzumenata s jedne, te normalan pogon elektroenergetskog sistema s druge strane.

Željeznička vučna mreža 25 kV, 50 Hz napajat će se u pravilu iz zemaljske mreže 110 kV (slika 1), putem željezničkih jednofaznih transformatora 110/25 kV. Iz razloga sigurnosti željezničkog pogona, bit će ovi transformatori, na teritoriju cijele zemlje, priključeni između dviju istih faza.

Ovakav način priključka jednofaznih potrošača s elektroprivrednog je stanovišta najmanje povoljan, jer potpuno onemogućava izravno balansiranje opterećenja pojedinih faza. S obzirom na predviđene potrebe može se međutim dozvoliti taj način priključka pod uvjetom, da nesimetrije napona izazvane nesimetričnošću opterećenja nigdje i ni u kom trenutku ne pređu dopuštene granice. Maksimalne nesimetrije napona trebat će još utvrditi, i one će vjerojatno iznositi oko 2 do 5 postotaka.

Spomenute nesimetrije mogu se smanjiti upotrebom metoda za simetriranje opterećenja u mreži, ali to s obzirom na konkretnu situaciju, vjerojatno neće biti slučaj u našoj mreži.

Što se tiče rasporeda, potreba i dijagrama opterećenja naših elektrovučnih podstanica može se reći, da će one biti raspoređene duž željezničkih pruga na razmaku od 40 do 60 km, da će s obzirom na profil trase i opterećenja pruge konzumirati godišnje oko 10 do 20 GWh, te da je dijagram njihovog opterećenja dosta hirovit, s čestim i znatnim udarcima. Dakako da će se naše javne mreže morati izvesti tako da zadovolje svim zahtjevima potrošača, ali proračune prilika u mreži za potrebe projektiranja, nećemo iz ekonomskih razloga moći provesti i za sva različita stanja rada elektrovučnih podstanica, već samo za konačan broj vjerojatnih ekstremnih pogonskih stanja sistema.

Uz pretpostavku da su karakteristična stanja pogona odabrana, pozabavit ćemo se na ovom mjestu proračunom prilika u mreži, kod jednog određenog stacionarnog stanja.

Uopćene jednadžbe za proračun prilika kod nesimetričnih opterećenja u balansiranim trofaznim mrežama visokog napona

Primjenjujući metodu simetričnih komponenata na proračun prilika (raspodjela struja i napona) u nesimetrično opterećenim balansiranim trofaznim mrežama visokog napona, s krutim uzemljenjem zvjezdišta, možemo pisati

$$\bar{E}_R = \bar{I}_{R1} \cdot \left[\bar{Z}_1 + \frac{1}{3}(\bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T)\right] + \frac{1}{3} \cdot$$

$$\cdot \bar{I}_{R2}(\bar{Z}_R + \bar{a}^2\bar{Z}_S + \bar{a}\bar{Z}_T) + \frac{1}{3}\bar{I}_{Ro}(\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + \bar{a}^2\bar{Z}_T) \qquad (1)$$

$$0 = \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R1} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_T) + \bar{I}_{R2} \cdot$$

$$\cdot \left[\bar{Z}_2 + \frac{1}{3}(\bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T)\right] + \frac{1}{3}\bar{I}_{Ro}(\bar{Z}_R + \bar{a}^2\bar{Z}_S + \bar{a}\bar{Z}_T) \qquad (2)$$

$$0 = \frac{1}{3}\bar{I}_{R1} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_S + \bar{a} \cdot \bar{Z}_T) +$$
$$+ \frac{1}{3}\bar{I}_{R2}(\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_T) +$$
$$+ \bar{I}_{Ro}\left[\bar{Z}_o + \frac{1}{3}(3\bar{Z}_{ZP} + \bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T)\right] \qquad (3)$$

gdje je

$\bar{E}$ — nadomjesna inducirana elektromotorna sila

$\bar{I}$ — nadomjesna struja

$\bar{Z}$ — nadomjesna impedancija

R, S i T indeksi za pojedine faze

1; 2 i 0 indeksi za direktnu, inverznu i nultu simetričnu komponentu

$\bar{a}$ — $1/120^0$

Z_{ZP} — nadomjesna impedancija uzemljenja zvjezdišta potrošača

Pod pretpostavkom da su nam poznate sve impedancije, kao i elektromotorna sila možemo pomoću jednadžbi (1), (2) i (3) odrediti simetrične komponente struja u fazi R, te dalje za pripadne simetrične komponente napona pisati

$$\bar{U}_{R1} = \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R1}(\bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T) + \frac{1}{3} \cdot$$
$$\cdot \bar{I}_{R2}(\bar{Z}_R + \bar{a}^2\bar{Z}_S + \bar{a}\bar{Z}_T) + \frac{1}{3}\bar{I}_{Ro}(\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_T) \qquad (4)$$

$$\bar{U}_{R2} = \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R1} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + a^2\bar{Z}_T) + \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R2} \cdot$$
$$\cdot (\bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T) + \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{Ro} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}^2\bar{Z}_S + \bar{a}\bar{Z}_T) \qquad (5)$$

$$\bar{U}_{Ro} = \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R1} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_S + \bar{a} \cdot \bar{Z}_T) + \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{R2} \cdot$$
$$\cdot (\bar{Z}_R + \bar{a}\bar{Z}_S + \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_T) + \frac{1}{3} \cdot \bar{I}_{Ro} \cdot (\bar{Z}_R + \bar{Z}_S + \bar{Z}_T) \qquad (6)$$

Za struje i napone pojedinih faza konačno vrijedi

$$\bar{I}_R = \bar{I}_{R1} + \bar{I}_{R2} + \bar{I}_{Ro} \qquad (7)$$

$$\bar{I}_R = \bar{a}^2 \cdot \bar{I}_{R1} + \bar{a}\bar{I}_{R2} + \bar{I}_{Ro} \qquad (8)$$

$$\bar{I}_T = \bar{a} \cdot \bar{I}_{R1} + \bar{a}^2\bar{I}_{R2} + \bar{I}_{Ro} \qquad (9)$$

$$\bar{U}_R = \bar{U}_{R1} + \bar{U}_{R2} + \bar{U}_{Ro} \qquad (10)$$

$$\bar{U}_S = \bar{a}^2\bar{U}_{R1} + \bar{a}\bar{U}_{R2} + \bar{U}_{Ro} \qquad (11)$$

$$\bar{U}_T = \bar{a}\bar{U}_{R1} + \bar{a}^2\bar{U}_{R2} + \bar{U}_{Ro} \qquad (12)$$

U našem posebnom slučaju napajanja jednofaznog opterećenja iz simetrično opterećene balansirane trofazne mreže visokog napona, s izoliranim zvjezdištem potrošača, mogu se jednadžbe 1 do 12 znatno pojednostavniti, a postupci za proračun dosta ubrzati. Stoga ćemo se najprije pozabaviti pojednostavnjenjem uopćenih jednadžbi, odnosno njihovom adaptacijom za slučaj koji nas posebno interesira.

Posebne jednadžbe za proračun prilika kod jednofaznih opterećenja za elektrifikaciju željezničke vuče u našim mrežama 110 kV

Nadomjesne impedancije opterećenja prema slici 1 možemo transformirati u zvijezdu s kracima

$$\bar{Z}_R = \bar{Z}_{III}\left(1 + \frac{\bar{Z}_{III}}{2\bar{Z}_{III} + \bar{Z}_I}\right) \qquad (13)$$

$$\bar{Z}_S = \bar{Z}_T = \bar{Z}_{III} \cdot \frac{Z_I}{2\bar{Z}_{III} + \bar{Z}_I} \qquad (14)$$

što uvršteno u jednadžbe (1) do (12), uz

$$\bar{C} = \frac{\bar{E}_R}{\bar{Z}_1\left(= 1 + \frac{\bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}} + \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_{III}} \cdot \frac{2\bar{Z}_{III} + \bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}}\right) + \bar{Z}_2\left(1 + \frac{\bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}}\right) + \bar{Z}_I} \qquad (15)$$

daje za fazne struje

$$\bar{I}_R = \bar{C} \cdot \left(\frac{\bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}} + \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_{III}} \cdot \frac{2Z_{III} + Z_I}{\bar{Z}_{III}}\right) \qquad (16)$$

$$\bar{I}_S = \bar{C} \cdot \left[\bar{a}^2\left(1 + \frac{\bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}} + \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_{III}} + \frac{2\bar{Z}_{III} + Z_I}{\bar{Z}_{III}}\right) - \bar{a}\right] \qquad (17)$$

$$\bar{I}_T = \bar{C} \cdot \left[\bar{a}\left(1 + \frac{\bar{Z}_I}{\bar{Z}_{III}} + \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_{III}} \cdot \frac{2\bar{Z}_{III} + Z_I}{\bar{Z}_{III}}\right) - \bar{a}^2\right] \qquad (18)$$

Fazne napone možemo sada odrediti kao umnožak pripadnih struja i impedancija, a linijske napone kao razliku faznih napona. Nulte simetrične komponente struja i napona iščezavaju u promatranom slučaju (zvjezdište potrošača je izolirano), a za potencijal zvjezdišta potrošača i nesimetričnost napona vrijedi

$$\bar{U}_{ZP} = -\bar{C} \cdot \left(\bar{Z}_2 + \bar{Z}_I \frac{\bar{Z}_{III}}{2\bar{Z}_{III} + \bar{Z}_I}\right) \qquad (19)$$

$$\bar{n} = \frac{1}{1 + \bar{Z}_I \cdot \frac{\bar{Z}_2 + \bar{Z}_{III}}{\bar{Z}_2 + \bar{Z}_{III}}} \qquad (20)$$

Budući da nam redovito nisu poznate nadomjesne impedancije opterećenja mreže, već snage potrošača i kratkog spoja, to se prilikom proračuna mreža nadomjesne impedancije opterećenja određuju pokušavanjem iz pretpostavljenih iznosa napona u pojedinim čvorištima sve dotle, dok razlika između

pretpostavljenih i računom ili mjerenjem utvrđenih napona ne postane manja od dozvoljene pogreške, koju treba unaprijed definirati.

Koristeći se odnosom $N \cdot Z = U^2$. pretvorit ćemo stoga jednadžbe za struje, napone i koeficijent nesimetrije u prikladniji oblik. Ovom transformacijom oblika jednadžbi uvodimo zapravo, radi nesimetričnosti napona, izvjesnu pogrešku. Kako međutim nesimetričnost napona mora ostati unutar granica od najviše 2 odn. 5 postotaka, to ni gore uvedena pogreška neće biti od osobitog značenja.

Na taj način, uz

$$\bar{K} = \frac{\bar{E}_R \cdot \bar{P}_K}{\bar{N}_{III}(\bar{P}''_K + \bar{P}_K + \bar{N}_{III} + 2\bar{N}_I) + \bar{N}_I(\bar{P}''_K + \bar{P}_K) + \bar{P}''_K \cdot \bar{P}_K} \tag{21}$$

$\bar{P}''_K$ — snaga početnog tropolnog kratkog spoja
$\bar{P}_K$ — snaga trajnog tropolnog kratkog spoja
$\bar{N}_{III}$ — trofazno opterećenje
$\bar{N}_I$ — jednofazno opterećenje

dobivamo konačno

$$\bar{U}_R = \bar{K}\,(\bar{P}''_K + \bar{N}_{III} + 2 \cdot \bar{N}_I) \tag{22}$$

$$\bar{U}_S = \bar{K}\,[1\,\underline{/\,240^0} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III}) - \bar{N}_I] \tag{23}$$

$$\bar{U}_T = \bar{K}\,[1\,\underline{/\,120^0} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III}) - \bar{N}_I] \tag{24}$$

$$\bar{U}_{ZP} = \bar{K} \cdot \bar{N}_I \left(1 + \frac{\bar{P}''_K}{\bar{N}_{III} + 2\bar{N}_I}\right) \tag{25}$$

$$n = \frac{|\bar{N}_I|}{|\bar{P}''_K + \bar{N}_{III} + \bar{N}_I|} \tag{26}$$

$$\bar{U}_{RS} = \bar{K} \cdot [3 \cdot \bar{N}_I + \sqrt{3} \cdot \underline{/\,30^0} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III})] \tag{27}$$

$$\bar{U}_{ST} = \bar{K} \cdot \sqrt{3} \cdot \underline{/\,-90^0} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III}) \tag{28}$$

$$\bar{U}_{TR} = \bar{K} \cdot [-3\bar{N}_I + \sqrt{3}\,\underline{/\,150^0}\,(\bar{P}''_K + \bar{N}_{III})] \tag{29}$$

$$I_R = \frac{\bar{K}}{U^2} \cdot \bar{N}_{JII}(\bar{P}''_K + \bar{N}_{JJI} + 2\bar{N}_I) \tag{30}$$

$$\bar{I}_S = \frac{\bar{K}}{U^2} \cdot [1\,\underline{/\,240^0} \cdot \bar{N}_{III} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III} + 2\bar{N}_I) + \sqrt{3}\,\underline{/\,-90^0}\,\bar{P}''_K \cdot \bar{N}_I] \tag{31}$$

$$\bar{I}_T = \frac{\bar{K}}{U^2} \cdot [1\,\underline{/\,120^0} \cdot \bar{N}_{III} \cdot (\bar{P}''_K + \bar{N}_{III} + 2\bar{N}_I) + \sqrt{3}\,\underline{/\,90^0}\,\bar{P}''_K \cdot \bar{N}_I) \tag{32}$$

Upotrebu ovih jednadžbi ilustrirat ćemo sada na konkretnom primjeru, računajući struje na temelju srednje vrijednosti linijskih napona.

Primjer 1

TS 110/35 kV Vinkovci ($\bar{P}''_K = 400\ /{-90^0}$ i $\bar{P}_K = 300\ /{-90^0}$ MVA) opterećena je u času maksimalnog opterećenja sa $\bar{N}_{III} = 20\ /{-36{,}85^0}$ i $\bar{N}_I = 10\ /{-36{,}85^0}$ MVA. Nadomjesna inducirana elektromotorna sila je za 5,1 % viša od nominalnog faznog napona, i iznosi 66,7 kV. Treba odrediti prilike u čvorištu za navedeni slučaj.

Pomoću jednadžbi (21) – (32) dobivamo, po uvrštenju vrijednosti i izvršenju računskih operacija, redom:

$\bar{K} = 0{,}15\,\underline{/\,82{,}43^0}$ KA^{-1}

$\bar{U}_R = 63{,}6\,/{-3{,}25^0} = 63{,}6 - j\,3{,}6$ kV

$\bar{U}_S = 63{,}3\,\underline{/\,234{,}48^0} = 36.7 - j\,51{,}5$ kV

$\bar{U}_T = 61{,}3\,\underline{/\,116{,}03^0} = -26{,}9 + j\,55{,}1$ kV

$\bar{U}_{ZP} = 15{,}9\,\underline{/\,-3{,}25^0}$ kV

$n = 2{,}36\,\%$

$\bar{U}_{RS} = 100{,}3 + j\,47{,}9 = 111{,}1\,\underline{/\,25{,}50^0}$ kV

$\bar{U}_{ST} = -9{,}8 - j\,106{,}6 = 106{,}6\,\underline{/\,264.73^0}$ kV

$\bar{U}_{TR} = -90{,}5 + j\,58{,}7 = 108{,}0\,\underline{/\,147{,}05^0}$

$U^2 = 11{,}800$

$\bar{I}_R = 0{,}108\,\underline{/\,-40{,}1^0} = 0{,}0825 - j\,0\,0696$ kA

$\bar{I}_S = 0{,}1914\,/\,211{,}38^0 = -0{,}1631 - j\,0{,}0997$ kA

$\bar{I}_T = 0{,}1874\,\underline{/\,64{,}53^0} = 0{,}806 + j\,0{,}1693$ kA

Kontrola

$$\bar{N} = 63{,}6\,\underline{/\,3{,}25^0} \cdot 0{,}108\,\underline{/\,-40{,}1^0} + 63{,}3\,\underline{/\,-234{,}48^0} \cdot 0{,}1914\,\underline{/\,211{,}38^0} + 61{,}3\,\underline{/\,-116{,}03^0} \cdot 0{,}1874\,\underline{/\,65{,}43^0} = 5{,}49 - j\,4{,}12 + 11{,}15 - j\,4{,}75 + 7\,30 - j\,8{,}89 = 23{,}94 - j\,17{,}76 = 29{,}8\,\underline{/\,-36\,50^0} \doteq 30{,}0\,\underline{/\,-36{,}85^0}\ \text{MVA}$$

Ukoliko na mjestu priključka jednofaznog opterećenja ne postoji nikakvo simetrično trofazno opterećenje ($N_{III} = 0$) račun postaje jednostavniji, te dobivamo redom:

$\bar{K} = 0{,}1612\,\underline{/\,87{,}42^0}$

$\bar{U}_R = 66{,}4\,\underline{/\,-0{,}36^0} = 66\,4 - j\,0{,}418$ kV

$\bar{U}_S = 66{,}0\,\underline{/\,237{,}27^0} = -35{,}65 - j\,55{,}6$ kV

$\bar{U}_T = -30{,}75 + j\,56{,}0$ kV

$\bar{U}_{ZP} = \bar{U}_R \cdot 0{,}5 = 33{,}2\,/{-0{,}36^0} = 33{,}2 - j\,0{,}209$ kV

$n = 2{,}46\,\%$

$\bar{U}_{RS} = 102{,}05 + j\,55{,}2 = 116{,}4\,\underline{/\,28{,}3^0}$ kV

$\bar{U}_{ST} = -4{,}90 - j\,111{,}6 = 111{,}6\,\underline{/\,267{,}48^0}$ kV

$\bar{U}_{TR} = -97{,}15 + j\,56{,}4 = 112{,}4\,\underline{/\,149\,9^0}$ kV

$\bar{I}_R = 0$ kA

$\bar{I}_S = -\bar{I}_T = 0{,}0897\,\underline{/\,-129\,43^0}$

$\bar{N} = 111{,}6\,\underline{/\,-267{,}48^0} \cdot 0{,}0897 \cdot \underline{/\,-129{,}43^0} = 10\,\underline{/\,-36{,}91^0} = 10\,\underline{/\,-36{,}85^0}$ MVA

Iz izloženog vidimo:

1. da primjena egzaktne metode iziskuje puno truda i vremena,

2. da je linijski napon između faza na koje je priključen jednofazni teret najmanji, i

3. da nesimetričnost napona možemo uvijek dovoljno tačno odrediti iz

$$n = N_I / P''_K$$

Oslanjajući se na prva dva zaključka u daljem ćemo potražiti prikladne metode za simetriranje jednofaznih opterećenja, koje nam trebaju omogućiti racionalizaciju postupaka, uz uvjet, da pogreške koje tim uvodimo ne utječu bitno na uporabivost potrebnih rezultata.

U vezi trećeg zaključka potrebno je istaknuti, da maksimalna jednofazna opterećenja neće prelaziti 15 MVA po električnoj podstanici, pri čemu mreža 110 kV, uz 5 % maksimalne dozvoljene nesimetrije napona, treba u svakom času garantirati 15/0,05 = 300 MVA snage početnog tropolnog kratkog spoja. Ova snaga je relativno mala, i javlja se u perifernim tačkama mreže.

Simetriranje jednofaznih opterećenja za elektrifikaciju naše željezničke vuče, u svrhu pojednostavnjenja postupaka za proračun perspektivnih mreža

Iz izloženog se može lako uočiti, da primjena egzaktnih postupaka za proračun nesimetrično opterećenih perspektivnih mreža iziskuje dosta poteškoća. Imajući u vidu tačnost prognoziranja budućih potreba izložit ćemo sada jednu aproksimativnu metodu za izvršenje potrebnih proračuna.

Pod pretpostavkom, da jednofazna opterećenja neće izazvati nedozvoljeno velike nesimetrije, istražit ćemo ono simetrično opterećenje, koje na mjestu priključka jednofaznog opterećenja uvjetuje simetrične linijske napone, koji su po iznosu jednaki linijskom naponu između jednofazno opterećenih vodiča, kod nesimetričnog opterećenja. Ovakvim simetriranjem opterećenja omogućit ćemo ubrzanje postupka proračuna, a da pri tom budemo sigurni, da naponske prilike u ispitivanoj mreži neće biti lošije od proračunanih.

Budući da je maksimalni postotak dopuštene nesimetrije bitno niži od pogreške s kojom možemo prognozirati buduće potrebe, smatramo da će tačnost rezultata dobivenih na bazi učinjenih pretpostavki moći u svakom momentu zadovoljiti potrebe naše prakse.

Uzmemo li na jednom te istom mjestu mreže, uz inače nepromijenjene prilike u mreži, jedanput čisto jednofazno, a drugi put čisto trofazno opterećenje, moći ćemo na temelju jednadžbi (21) i (28) pisati

kod čistog jednofaznog opterećenja

$$\bar{U}_{ST} = \frac{\sqrt{3} \cdot \underline{/ -90^0} \cdot \bar{E}_R}{1 + \bar{N}_I \cdot \dfrac{\bar{P}''_K + \bar{P}_K}{\bar{P}''_K \cdot \bar{P}_K}} \qquad (33)$$

a kod čistog trofaznog opterećenja

$$\bar{U}_{ST} = \frac{\sqrt{3} \cdot \underline{/ -90^0} \cdot \bar{E}_R}{1 + \bar{N}_{III} \cdot \dfrac{1}{\bar{P}_K}} \qquad [34)$$

Izjednačujući zadnje izraze možemo lako utvrditi, da je simetrirano trofazno opterećenje jednako jednofaznom opterećenju uvećanom za omjer sume snaga početnog i trajnog, prema snazi početnog tropolnog kratkog spoja.

$$\bar{N}_s = \bar{N}_I \left(1 + \frac{\bar{P}_K}{\bar{P}''_K}\right) \qquad (35)$$

Ukoliko na mjestu priključka jednofaznog opterećenja postoji i simetrično trofazno opterećenje, tada treba prilike u mreži računati na osnovu reduciranog simetričnog opterećenja

$$\bar{N}_r = \bar{N}_{III} + \bar{N}_I \left(1 + \frac{\bar{P}_K}{\bar{P}''_K}\right) \qquad (36)$$

Provodeći proračun prilika u mreži na temelju reduciranih opterećenja prema jednadžbi (36) u stvari utvrđujemo najmanje linijske napone, koji su na osnovu učinjene pretpostavke simetrični. Ovi naponi odgovaraju linijskom naponu između priključaka jednofaznih opterećenja. Ostala dva linijska napona, bit će, ovisna o koeficijentu nesimetrije, viša od upravo navedenog.

Primjer 2

Odrediti najmanji linijski napon u primjeru 1, računajući s reduciranim simetričnim teretom.

$$\bar{N}_r = 20 \underline{/ -36{,}85^0} + 10 \underline{/ -36{,}85^0} \left(1 + \frac{300 \underline{/ -90^0}}{400 \underline{/ -90^0}}\right) =$$

$$= 37{,}5 \underline{/ -36{,}85^0} \text{ MVA}$$

$$\bar{U}_{ST} = 3 \cdot \underline{/ -90^0} \cdot 66{,}7 \underline{/ 0^0} / (1 + 37{,}5 \underline{/ -36{,}85^0} / 300 \underline{/ -90^0}) =$$

$$= 115{,}6 \underline{/ -90^0} / (1{,}075 + j\,0{,}1) = 107{,}0 \underline{/ 264{,}68^0} \text{ kV}$$

Ostale veličine možemo također odrediti približno iz

$$U_{RS} = U_{TR} = 107{,}0 \cdot \left(1 + \frac{10}{400}\right) = 109{,}8 \text{ kV}$$

$$I_S = I_T = \frac{37{,}5}{3 \cdot 107{,}0} = 0{,}189 \text{ kA}$$

$$I_R = \frac{20}{3 \cdot 109{,}8} = 0{,}105 \text{ kA}$$

Zaključak

Uspoređujući rezultate i tok proračuna u oba primjera nedvojbeno možemo zaključiti, da za svrhe proračuna naših perspektivnih mreža, treba postupati kao da su mreže simetrično opterećene, s tim da se jednofazna opterećenja prikažu prema formuli (35), kao simetrirana trofazna opterećenja.

Na taj način postaju ispitivanja perspektivnih mreža na analizatorima znatno jednostavnija i jeftinija, budući da je umjesto direktne i inverzne mreže prema egzaktnom postupku dovoljno postaviti tek direktnu mrežu sa simetriranim jednofaznim opterećenjima prema postupku koji je ovdje predložen.

Naslov pisca: Ing. Miroslav J u n g, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

PARALELNI RAD TRANSFORMATORA KOJI NE ISPUNJAVAJU UVJETE ZA TAKAV RAD

II DIO

Josip Vuletić i Božo Udovičić, Zagreb

DK 621.314.21.004

(Svršetak)

5. *PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM SNAGAMA I RAZLIČITIM PRIJENOSNIM ODNOSIMA*

U ovom slučaju svi transformatori su iste grupe spoja i jednakih napona kratkog spoja, pa slijedi da je $a_v = 0$. Uništavajući to u (4.8) i (4.12) dobivaju se za relativne vrijednosti struje izjednačenja i struje tereta v-tog transformatora slijedeći oblici:

$$i_{iv} = \frac{100}{e_1 (100 + u_v)} \left[100 + u_v - \frac{\dfrac{p_v}{(100 + u_v)}}{\dfrac{p_v}{(100 + u_v)^2}} \right] \qquad (5.1)$$

$$i_{tv} = i_t \cdot \frac{\dfrac{p_v}{100 + u_v}}{(100 + u_v)\ \dfrac{p_v}{(100 + u_v)^2}} \qquad (5.2)$$

Ukupna relativna struja opterećenja v-tog transformatora u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja dana je formulom (4.16).

5.1 Dva transformatora u paralelnom radu

Promatrani transformatori, koji rade paralelno, uzeti su takovi da imaju iste napone kratkog spoja $e_1 = e_2 = 5\ \%$, a da imaju različite prijenosne odnose.

S obzirom na prijenosne odnose promatrana su dva slučaja u paralelnom radu dvaju transformatora i to:

a) kada je sekundarni napon prvog transformatora manji za 2,5 % od sekundarnog napona drugog transformatora i

b) kada je sekundarni napon prvog transformatora za 5 % manji od sekundarnog napona drugog transformatora.

U dijagramu na slici 8 i 8a prikazana je ovisnost mogućnosti opterećenja obaju transformatora i_t — a da ni jedan transformator ne bude preopterećen — o odnosu nominalnih snaga p. Račun je proveden za $\cos \varphi = 1$, $\cos \varphi = 0{,}8$ i za $\cos \varphi = 0{,}6$.

Smanjujući odnosno povećavajući odnos nominalnih snaga p doći ćemo do onog momenta, kada jedan transformator može dati istu snagu kao oba zajedno, a da ni jedan kod toga ne bude preopterećen. Kada nastupi to stanje, onda od tog momenta nije ekonomično držati oba transformatora u pogonu.

Ako stavimo u pogon samo prvi transformator, bit će struja opterećenja, svedena na sumu nominalnih snaga oba transformatora, i_i jednaka:

$$i_1 = \frac{I_{t1}}{I_{n1} + I_{n2}} = \frac{i_{t1} \cdot I_{n1}}{I_{n1} + I_{n2}} = i_{t1} \cdot \frac{u_2 + 100}{u_2 + 100\, p_2 + 100}$$

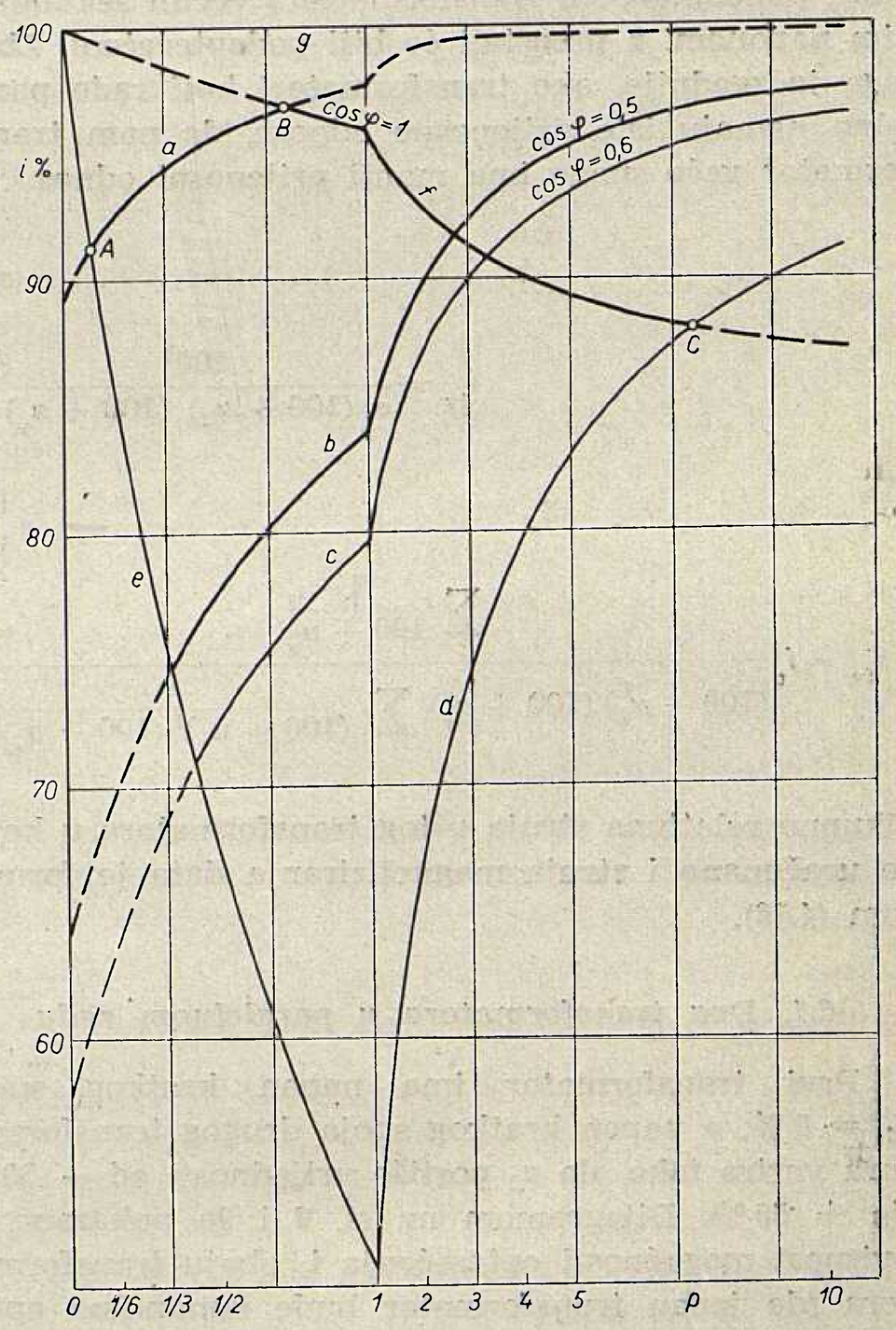
Analogno dobijemo za drugi transformator

$$i_2 = \frac{100\, p_2}{u_2 + 100\, p_2 + 100} \cdot i_{t2}$$

Račun sa strujom magnetiziranja prema formuli (4.16) nije proveden, jer struja magnetiziranja vrlo malo utječe na rezultat, te ne mijenja kvalitativnu sliku.

Dijagramom na sl. 8 dana je također ovisnost mogućnosti opterećenja svakog pojedinog transformatora i_t — svedene na sumu nominalnih snaga — o odnosu nominalnih snaga p. Ovisnost opterećenja transformatora o odnosu nominalnih snaga dana je za slučajeve kada je sekundarni napon prvog transformatora manji za 2,5 % (sl. 8) odnosno 5 % (sl. 8a) manji od sekundarnog napona drugog transformatora.

Dijagrami na sl. 8 i sl. 8a vrijede za slučaj, kad je napon kratkog spoja prvog transformatora $e_1 = 5\ \%$,



Sl. 8. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i %) s različitim snagama i prijenosnim odnosima o odnosu nazivnih snaga (p), a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Sekundarni napon drugog transformatora veći za 2,5 %

tj. onog transformatora koji ima za 2,5 % (sl. 8) odnosno 5 % (sl. 8a) manji sekundarni napon. Za slučajeve kada se mijenja napon kratkog spoja prvog transformatora vrijedit će razmatranja iz slijedećeg poglavlja.

Na dijagramima su unesene krivulje, koje ograničavaju upotrebu dvaju transformatora s različitim nazivnim naponima i različitim sekundarnim naponima. Krivulja *e* daje mogućnost ukupnog opterećenja ako radi samo prvi transformator i čini granicu od $p = 0$ do nešto iznad jedan. Drugu granicu čini krivulja *d*, koja odgovara pogonu sa samim drugim transformatorom.

U dijagramima (sl. 8 i sl. 8a) unesena je krivulja *g* (horizontalni pravac za $i = 100$ %), koja odgovara paralelnom radu transformatora s istim prijenosnim odnosima.

Krivulja (*a*) odgovara nominalnom opterećenju drugog transformatora kod cos $\varphi = 1$, krivulja (*b*) kod cos $\varphi = 0{,}8$, a krivulja (*c*) kod cos $\varphi = 0{,}6$, dok krivulja (*f*) odgovara nominalnom opterećenju prvog transformatora. Od tačke *A* do tačke *B* bit će nominalno opterećen drugi transformator, a od tačke *B* do tačke *C* bit će prvi transformator nominalno opterećen, a drugi transformator podopterećen. Iznad i ispod krivulje (*f*) prvi transformator je uvijek podopterećen.

Iz navedenih dijagrama vidimo, da ćemo u pogonu imati punoopterećen transformator s većim sekundarnim naponom, a preostali će biti podopterećeni. Zbog toga je zgodnije, ako transformatori koji rade paralelno nemaju iste prijenosne odnose, da nam transformator veće snage ima manji prijenosni odnos.

Kod tereta, čiji faktor snage je blizu jedan ili jednak jedinici, imamo drugu situaciju. Zbog obrnuto neproporcionalnih prividnih otpora transformatora s njihovim snagama, teret će se relativno neravnomjerno rasporediti. Transformator s većim naponom odnosno većim prividnim otporom preuzet će manji teret, dok je sa strujama izjednačenja obrnuta situacija.

Analizirajući udio relativne struje tereta i relativne vrijednosti struje izjednačenja u ukupnom relativnom opterećenju, a u ovisnosti o snazi drugog transformatora, došlo se do naprijed navedene tvrdnje, kada će biti prvi a kada drugi transformator nominalno opterećen, odnosno podopterećen ili preopterećen.

Najpovoljnija kombinacija za paralelni rad dvaju transformatora s različitim prijenosnim odnosima i različitim snagama za cos $\varphi = 1$ je onda, kada je odnos snaga $p = 0{,}75$ kod slučaja gdje je razlika napona 2,5 % odnosno za $p = 0{,}9$ kod razlike napona za 5 %. Kada imamo ovakav slučaj, onda oba transformatora uzimaju nominalnu struju.

Iz dijagrama na sl. 8a vidljivo je da je razlika napona od 5 % i za napone kratkog spoja od 5 % već približno granična. Kod nešto većih razlika napona i kod induktivnih tereta ne bi se isplatilo držati takva dva transformatora u pogonu, nego bi radili samo s onim koji ima veću snagu.

6. *PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM NAPONIMA KRATKOG SPOJA I RAZLIČITIM PRIJENOSNIM ODNOSIMA*

Nazivne snage svih transformatora su jednake, pa slijedi da je $p_v = 1$. Izrazi (4.8) i (4.12) dobivaju sada oblik:

$$i_{iv} = \frac{100^2}{e_1 (100 + u_v)\ (100 + a_v)} \left[100 + u_v - \frac{\sum \frac{1}{(100 + u_v)\ (100 + a_v)}}{\sum \frac{1}{(100 + u_v)^2 (100 + a_v)}} \right]$$

$$i_{tv} = i_t \frac{\sum \frac{1}{100 + u_v}}{(100 + u_v)(100 + a_v) \sum \frac{1}{(100 + u_v)^2 (100 \div a_v)}}$$

Ukupna relativna struja *v*-tog transformatora u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja data je formulom (4.16).

6.1. *Dva transformatora u paralelnom radu*

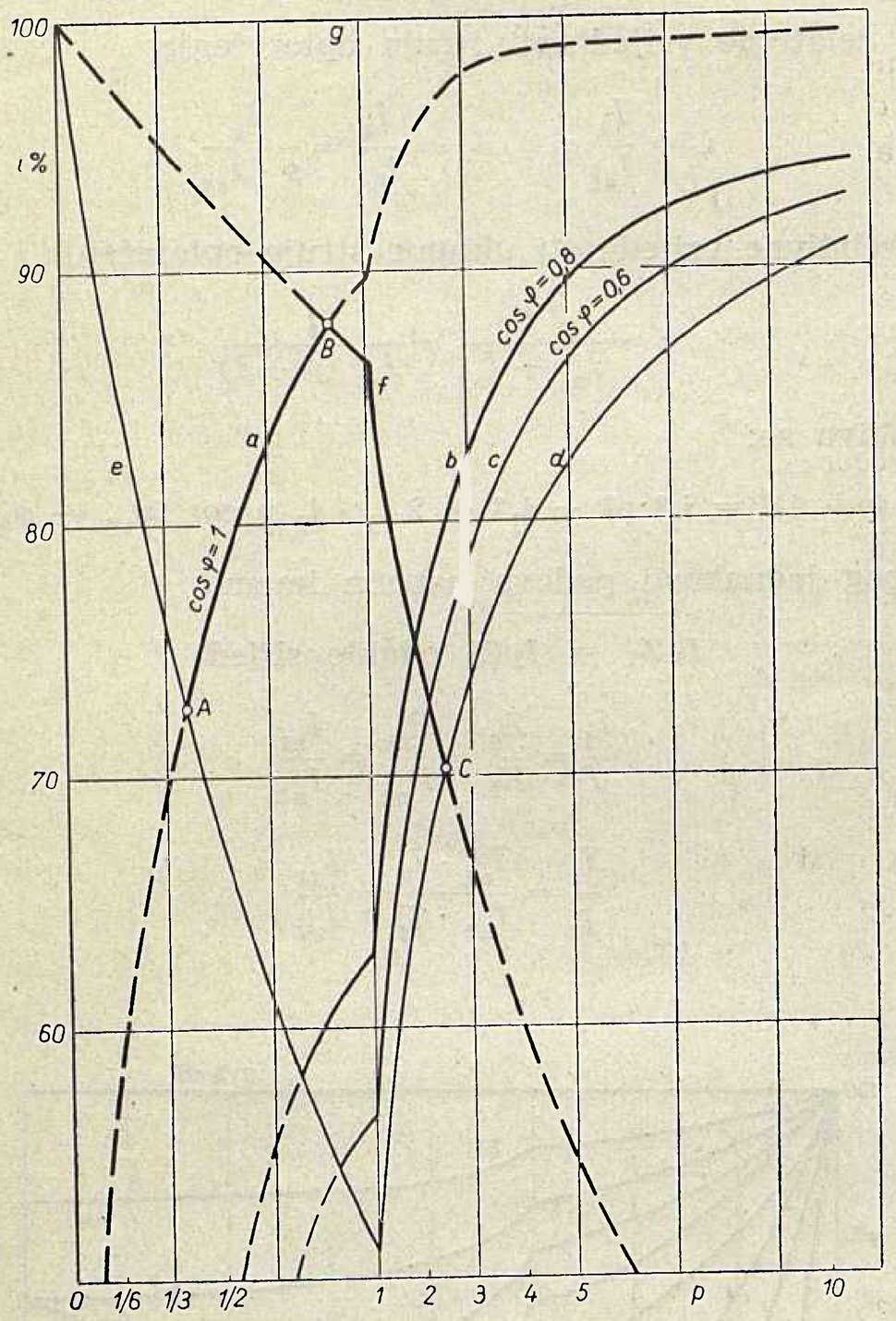
Prvi transformator ima napon kratkog spoja $e_1 = 5$ %, a napon kratkog spoja drugog transformatora varira tako, da a_2 postiže vrijednosti od — 50 % do + 50 %. Dijagramom na sl. 9 i 9a pokazana je ovisnost mogućnosti opterećenja i_t obaju transformatora (da jedan transformator bude nominalno opterećen a drugi podopterećen) o razlici napona kratkog spoja a_v. Ova ovisnost je prikazana za cos $\varphi = 1$, cos $\varphi = 0{,}8$ i cos $\varphi = 0{,}6$, te za razliku u prijenosnim odnosima $u_2 = 2{,}5$ % (sl. 9) i $u_2 = 5$ % (sl. 9a).

U dijagramima je prikazana i mogućnost opterećenja transformatora, ako su im isti prijenosni odnosi.

U dijagramima na slikama 9 i 9a prikazana je mogućnost opterećenja dvaju transformatora u paralelnom radu za slučaj, da je napon kratkog spoja prvog transformatora $e_1 = 5$ %, a napon kratkog spoja drugog transformatora da varira od — 50 % do + 50 %. Na dijagramu sl. 9 prikazana je mogućnost opterećenja za slučaj, kada je razlika u prijenosnim odnosima 2,5 %, a na sl. 9a kada je razlika u prijenosnim odnosima 5 %. Krivulja (*a*) na oba dijagrama pokazuje kad je drugi transformator nominalno opterećen i to za slučaj istih prijenosnih odnosa, dok krivulja (*f*) pokazuje nominalno opterećenje prvog transformatora također za slučaj istih prijenosnih odnosa.

Krivuljom (*b*) na sl. 9 i 9a prikazano je nominalno opterećenje drugog transformatora, a krivuljom *(e)* nominalno opterećenje prvog transformatora za slučaj cos $\varphi = 1$. Za cos $\varphi = 0{,}8$ prikazano je no-

Sl. 8a. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i %) s različitim snagama i prijenosnim odnosima o odnosu nazivnih snaga (p), a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Sekundarni napon drugog transformatora veći za 5 %



minalno opterećenje drugog transformatora krivuljom *(c)*, a prvog transformatora krivuljom *(g)*, dok je nominalno opterećenje drugog transformatora, za slučaj $\cos\varphi = 0{,}6$, prikazano krivuljom *(d)*, a prvog transformatora krivuljom *(h)*. Kako se iz dijagrama vidi, za svaki slučaj opterećenja postoji samo jedna tačka gdje su oba transformatora nominalno opterećena.

7. *PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM NAZIVNIM SNAGAMA I RAZLIČITIM NAPONIMA KRATKOG SPOJA*

Budući da su prijenosni odnosi svih transformatora jednaki, nema struja izjednačenja odnosno $u_v = 0$, pa izrazi (4.8) i (4.12) dobivaju oblik:

$$i_{iv} = 0$$

$$i_{tv} = i_t \frac{\Sigma p_v}{(100 + a_v) \sum \frac{p_v}{(100 + a_v)}}$$

Ukupna relativna struja v-tog transformatora u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja dana je formulom (4.16).

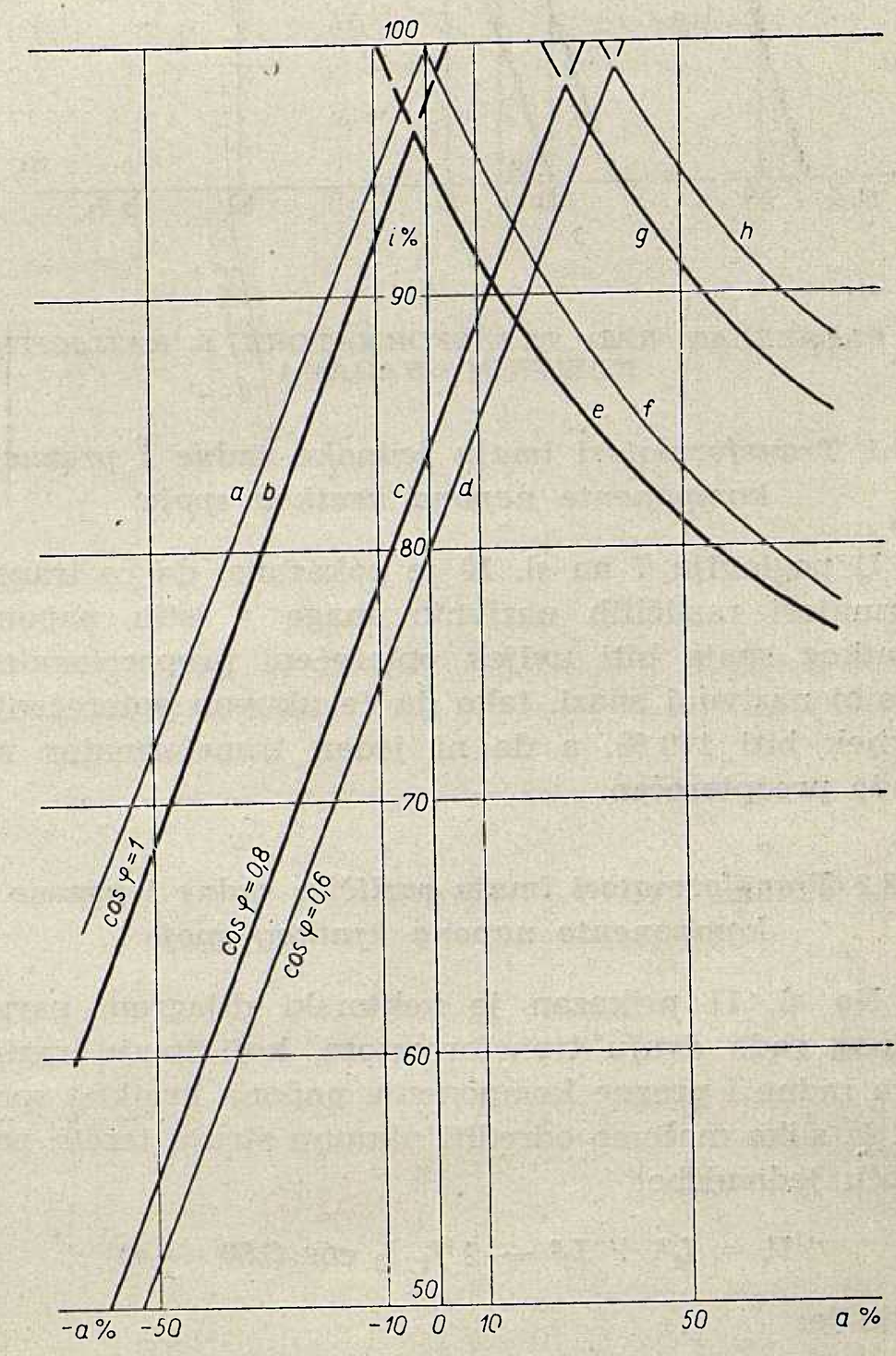
7.1 Dva transformatora u paralelnom radu

Dijagramom (sl. 10) pokazana je ovisnost mogućnosti opterećenja i_t obaju transformatora o odnosu nazivnih snaga p, za različite a_v. Napone kratkog spoja mijenjamo tako, da a_v varira od 0 do 100 %. Iz gornje relacije za i_{tv} slijedi, da mogućnost opterećenja obaju transformatora ograničava uvijek prvi transformator, odnosno da će on uvijek biti puno opterećen. Zato je u dijagramu (sl. 10) prikazana samo ovisnost i_t (uz prvi transformator puno opterećen) o odnosu nazivnih snaga p. Može se pretpostaviti, da u nekom području odnosa nazivnih snaga p, može jedan transformator dati veću snagu nego oba zajedno. To se pretpostavlja za p veće od 1, kada transformator 2 veće snage ima i veći napon kratkog spoja.

Struja opterećenja drugog transformatora svedena na sumu nazivnih struja:

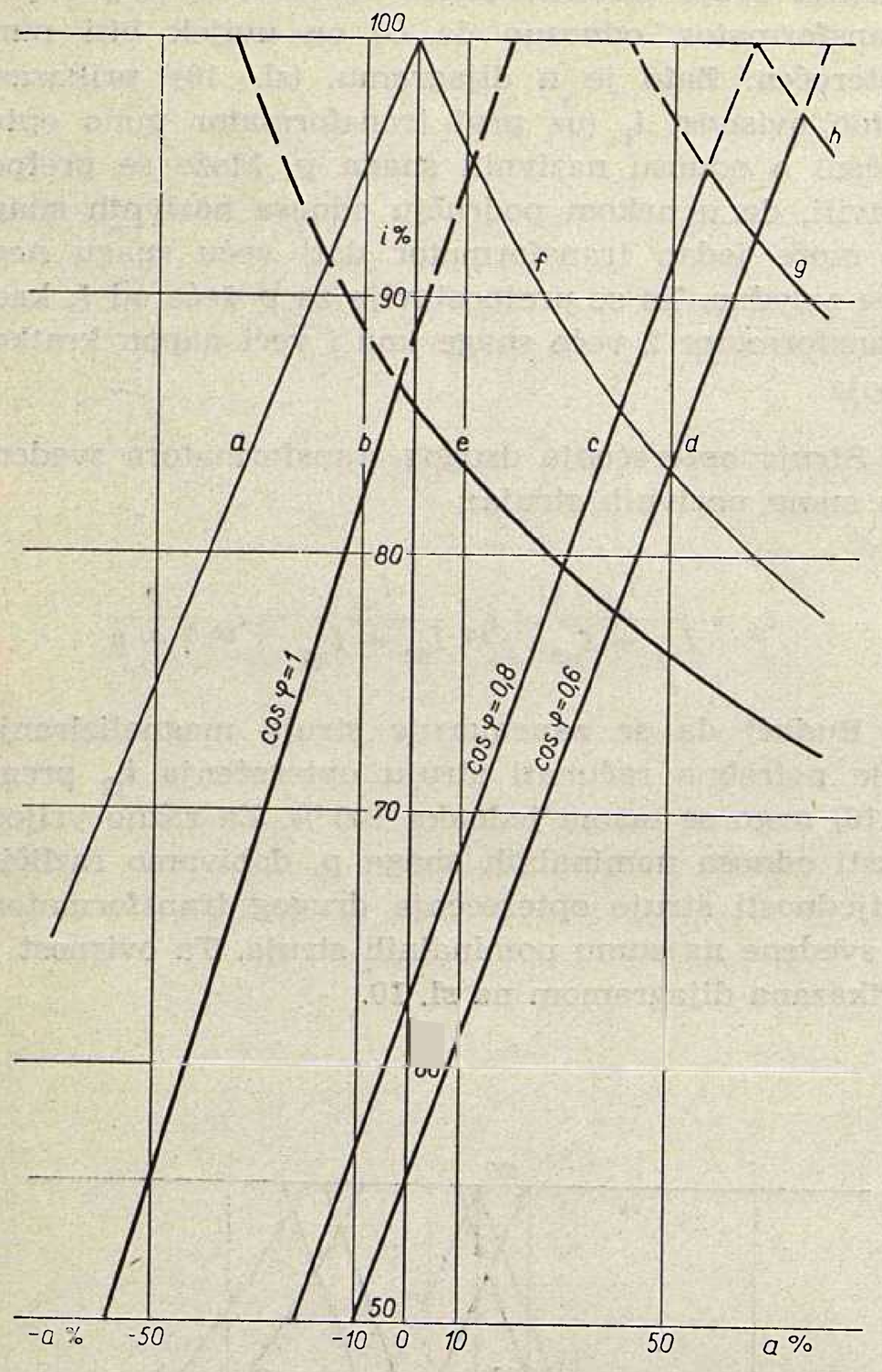
$$i_2 = \frac{I_{t2}}{I_{n1} + I_{n2}} = i_{t2} \frac{I_{n2}}{I_{n1} + I_{n2}} = i_{t2} \frac{p}{1 + p}$$

Budući da se zanemaruje struja magnetiziranja, nije potrebno računati struju opterećenja i_{t2} prema (4.16) nego se uzima jednaka 100 %. Za razne vrijednosti odnosa nominalnih snaga p, dobivamo različite vrijednosti struje opterećenja drugog transformatora i_2 svedene na sumu nominalnih struja. Ta ovisnost je prikazana dijagramom na sl. 10.



Sl. 9. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i %) s različitim naponima kratkog spoja i prijenosnim odnosima o procentualnoj razlici napona kratkog spoja (a %), a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Sekundarni napon drugog transformatara veći za 2,5 %

Sl. 9a. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i%) s različitim naponima kratkog spoja i prijenosnim odnosima o procentralnoj razlici napona kratkog spoja (a %) a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Sekundarni napon drugog transformatora veći za 5 %



8. PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM NAZIVNIM SNAGAMA

8.1 Transformatori imaju jednake radne i prazne komponente napona kratkog spoja

U poglavlju 7 na sl. 10 je pokazano, da će transformatori različitih nazivnih snaga a istih napona kratkog spoja biti uvijek opterećeni proporcionalno svojoj nazivnoj snazi, tako da će ukupno opterećenje uvijek biti 100 %, a da ni jedan transformator ne bude preopterećen.

8.2 Transformatori imaju različite radne i prazne komponente napona kratkog spoja

Na sl. 11 prikazan je vektorski dijagram paralelnog rada dvaju transformatora, koji imaju različite radne i prazne komponente napona kratkog spoja. Iz slike možemo odrediti ukupnu struju tereta pomoću jednadžbe:

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 - 2\, I_1\, I_2 \cos (180 - \alpha)$$

gdje je:

$$\alpha = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_{k2} - \varphi_{k1}$$

Ukupna struja tereta sada iznosi:

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2\, I_1\, I_2 \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$$

Uvođenjem odnosa nazivnih snaga

$$p = \frac{P_{n2}}{P_{n1}} + \frac{I_{n2}}{I_{n1}}$$

te relativne vrijednosti struja opterećenja

$$i_1 = \frac{I_1}{I_{n1}}\,; \qquad i_2 = \frac{I_2}{I_{n2}} = \frac{I_2}{p \cdot I_{n1}}$$

i relativne vrijednosti ukupne struje opterećenja

$$i = \frac{1}{I_{n1} + I_{n2}} = \frac{I}{I_{n1}\,(p+1)}$$

dobiva se:

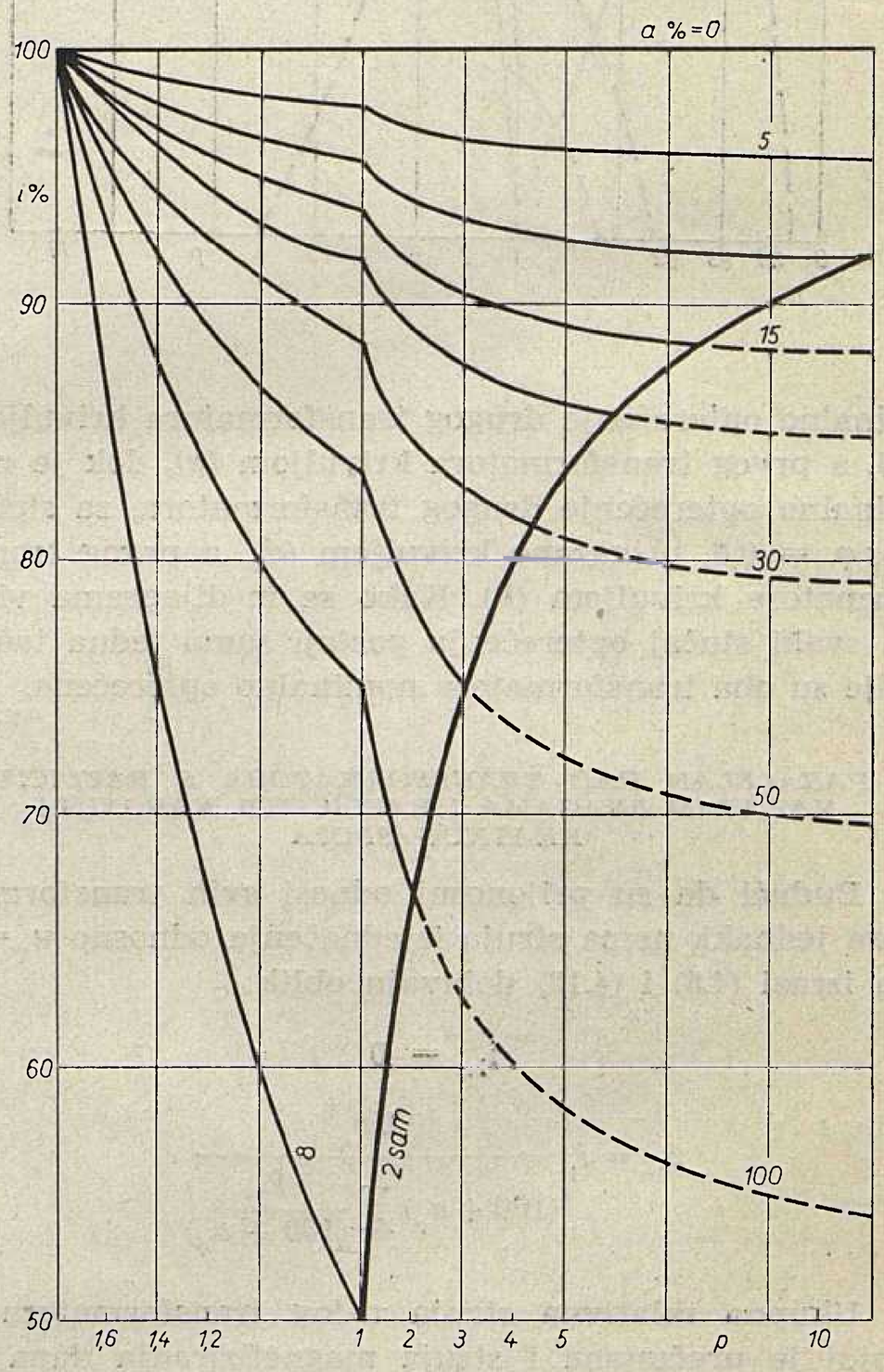
$$i^2\,(p+1)^2 = i_2^2\, p^2 + i_1^2 + 2\, i_1 \cdot i_2\, p \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$$

Zbog jednakosti padova napona imamo

$$I_1 Z_1 = I_2 Z_2 \text{ odakle slijedi}$$

$$\frac{I_1}{I} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{P_{nk}}{P_{n2}} = \frac{I_{n1}}{I_{n2}}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_{n1} \cdot i_1}{I_{n2} \cdot i_2} = \frac{I_{n1}}{I_{n2}}$$



Sl. 10. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i %) različitih nazivnih snaga i napona kratkog spoja o odnosu nazivnih snaga (p), a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Krivulje vrijede za određene procentralne razlike napona kratkog spoja (a %)

2 sam – drugi transformator sam u pogonu, nominalno opterećen. Struja opterećenja svedena je na sumu nazivnih struja obaju transformatora

Slijedi

$$i_1 = i_2$$

Opterećenje će se i u ovom slučaju raspodijeliti proporcionalno snagama transformatora.

$$i^2 (p + 1)^2 = i_1^2 + i_1 + 2 i_1^2 p \cdot \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$$

Ukupno opterećenje transformatora:

$$i = i_1 \sqrt{1 - \frac{2p}{(p+1)^2} [1 - \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})]}$$

ili

$$i = i_2 \sqrt{1 - \frac{2p}{(p+1)^2} [1 - \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})]}$$

Rastavi li se

$$\cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1}) = \cos \varphi_{k2} \cos \varphi_{k1} + \sin \varphi_{k2} \sin \varphi_{k1}$$

i uvrsti li se za

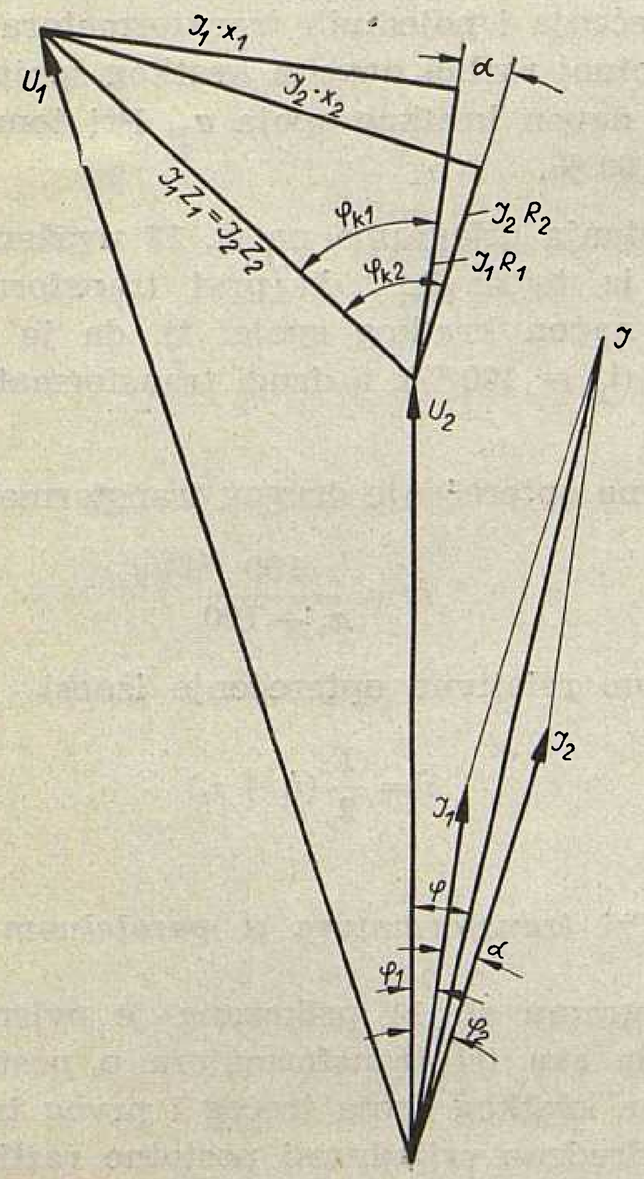
$$\cos \varphi_{k2} = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{e_{r2}}{e_2}; \quad \cos \varphi_{k1} = \frac{R_1}{Z_1} = \frac{e_{r1}}{e_1}$$

$$\sin \varphi_{k2} = \frac{X_2}{Z_2} = \frac{e_{s2}}{e_2}; \quad \sin \varphi_{k1} = \frac{X_1}{Z_1} = \frac{e_{s1}}{e_1}$$

dobiva se slijedeći izraz

$$\cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1}) = \frac{1}{e_1 \cdot e_2} (e_{r1} \cdot e_{r2} \cdot e_{s1} \cdot e_{s2})$$

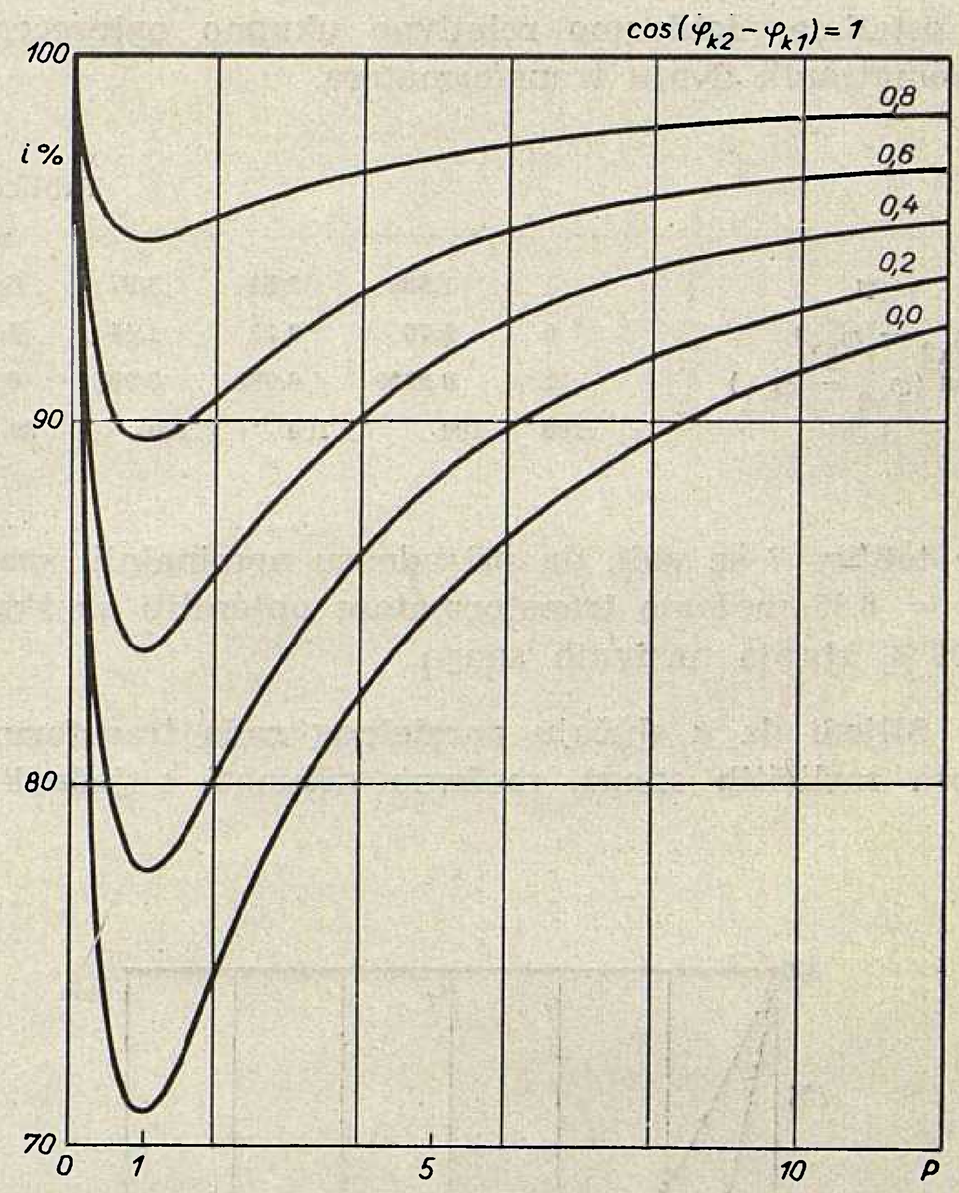
Ako pojedine transformatore opteretimo nazivnom snagom $i_i = i_2 = 1$, dobijemo maksimalno moguće opterećenje:



Sl. 11. Vektorski dijagram struja i napona dvaju transformatora u paralelnom radu s jednakim naponima kratkog spoja i različitim radnim i praznim komponentama napona kratkog spoja

Sl. 12. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (i %) različitih snaga i istih napona kratkog spoja s različitim radnim i praznim komponentama o odnosu nazivnih snaga (p), a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Krivulje vrijede za određene vrijednosti kosinusa razlike argumenata prividnih otpora transformatora

φ_{k1} – argument prividnog otpora prvog transformatora
φ_{k2} – argument prividnog otpora drugog transformatora



$$i_{max} = \sqrt{1 - \frac{2p}{(p+1)^2} [1 - \cos (\varphi_{k2} - \varphi_{k1})]}$$

Ovisnost ukupnog opterećenja i_{max} o odnosu nazivnih snaga p za određivanje vrijednosti cos $(\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$ prikazana je na sl. 12. Praktično se cos $(\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$ vrlo malo razlikuje od 1 (kod 5 do 20 kV razlika među raznim kutovima struje iznosi ispod 6 stupnjeva uz odnos nazivnih snaga 1 : 3).

Na slijedećem primjeru bit će pokazan utjecaj razlike argumenata na mogućnost ukupnog opterećenja transformatora i to na transformatorima serijske proizvodnje »Rade Končar«. Podaci za transformatore su uzeti iz [3, str. 259].

Tablica 6

Tip	P_n kVA	e %	Gubici P_k W	Gubici P_0 W	e_r %	e_s %	φ_k
2 TNp 23 — 35	630	6	9900	3100	1,75	5,79	74,80
2 TNp 26 — 35	1000	6	15000	4390	1,50	5,81	75,50
2 TNp 30 — 35	1600	6	20000	6000	1,25	5,87	77,95
2 TNp 34 — 35	2500	6	28000	8200	1,12	5,91	79,24
2 TNp 40 — 35	4000	6	38000	12100	0,95	5,93	80,89

Argument prividnog otpora φ_k računan je prema slijedećem izrazu:

$$\cos \varphi_k = \frac{P_k}{\sqrt{3} U_k I_n}$$

$$U_k = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot 100} \cdot e$$

$$\cos \varphi_k = \frac{100 \cdot P_k}{P_n \cdot e}$$

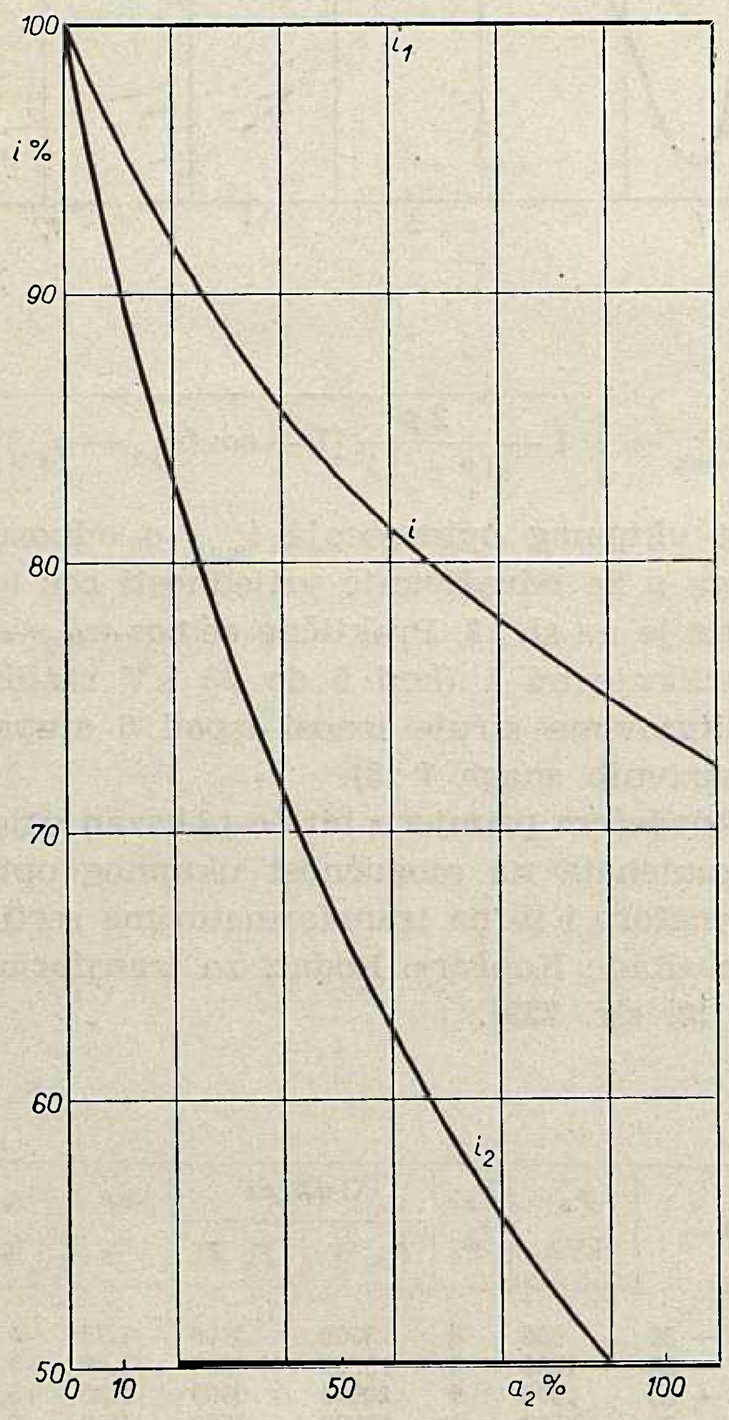
Stavljajući najmanji transformator u paralelni rad s ostalima, dobivamo relativno ukupno opterećenje promatranih dvaju transformatora.

Tablica 7

p	1	1,588	2,54	3,97	6,35
$(\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$	0	0,70	3,15	4,44	6,09
$\cos(\varphi_{k2} - \varphi_{k1})$	1	0,9999	0,998	0,997	0,994
i %	100	100	100	100	99,9

Iz tablice 7 se vidi, da pri odnosu nominalnih snaga $p = 6{,}35$ možemo transformatore opteretiti sa skoro 100 % zbroja nazivnih snaga.

Slijedi da u slučaju paralelnog rada transformatora različitih snaga, možemo računati s jednakim argumentima prividnih otpora, odnosno vektorsko zbrajanje struja zamijeniti algebarskim, a da pri tom ne činimo znatniju grešku. Nejednakost argumenata jednakih prividnih otpora neće biti odlučujući faktor pri ograničavanju odnosa snaga transformatora u paralelnom radu.



Sl. 13. Ovisnost ukupnog opteećenja dvaju transformatora (i %) s različitim naponima kratkog spoja, te posebno prvog (i_1) s manjim naponom kratkog spoja i drugog (i_2) o procentualnoj razlici napona kratkog spoja svedenoj na manji napon kratkog spoja (a_2 %), a da ni jedan transformatora nije preopterećen

i_1 – opterećenje transformatora s manjim naponom kratkog spoja

i_2 – opterećenje drugog transformatora

i – ukupno opterećenje obaju transformatora

9. PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM NAPONIMA KRATKOG SPOJA

9.1. M transformatora u paralelnom radu

Prema poglavlju 4 i izrazu (4.12) slijedi da je struja opterećenja v-tog transformatora jednaka

$$i_v = i_t \frac{m}{(100 + a_v) \sum \frac{1}{100 + a_v}}$$

Izraz (4.16) daje ukupnu struju opterećenja u koju je uračunana i struja magnetiziranja. Pošto pretpostavljamo da prvi transformator ima najmanji napon kratkog spoja, slijedi da će on biti uvijek prvi puno opterećen uz ostale transformatore podopterećene, pa je potrebno ukupno opterećenje svih transformatora računati samo s obzirom na taj transformator. Gornja formula dobiva oblik

$$i_v = i_t \frac{m}{\sum \frac{100}{100 + a_v}}$$

9.2. Dva transformatora u paralelnom radu

U dijagramu sl. 13 prikazana je mogućnost ukupnog opterećenja i pojedinih transformatora u ovisnosti o postotnoj razlici napona kratkog spoja, svedenoj na manji napon kratkog spoja a_2. Pri tom a_2 varira od 0 do 100 %.

Kod crtanja dijagrama na sl. 13 uvažena je pretpostavka iz tačke 9.1., da prvi transformator ima najmanji napon kratkog spoja, tj. da je nominalno opterećen ($i_1 = 100$ %), a drugi transformator je podopterećen.

Relativno opterećenje drugog transformatora iznosi

$$i_2 = \frac{100}{a_2 + 100}$$

dok ukupno relativno opterećenje iznosi

$$i = \frac{1}{2}(i_1 + i_2)$$

9.3. Tri transformatora u paralelnom radu

U dijagramu sl. 14 prikazana je ovisnost struje opterećenja sva tri transformatora o postotnoj razlici napona kratkog spoja trećeg i prvog transformatora za određene vrijednosti postotne razlike napona kratkog spoja drugog i prvog transformatora.

Koeficijenti opterećenja, ako je prvi transformator opterećen nazivnom strujom, iznose:

$$i = \frac{1}{3}(i_1 + i_2 + i_3)$$

$$i_1 = 100\ \%$$

$$i_2 = \frac{100}{a_2 + 100}$$

$$i_3 = \frac{100}{a_3 + 100}$$

Prema ovim jednadžbama računane su vrijednosti za ukupno relativno opterećenje i prema tim podacima napravljen je dijagram na sl. 14.

Iz dijagrama slijedi: ako imamo u pogonu dva transformatora iste snage a različitih napona kratkog spoja i želimo im dodati još jedan transformator iste snage, njegov napon kratkog spoja treba biti što bliže manjem, da bi ih mogli što više opteretiti.

Granica upotrebe triju transformatora u paralelnom radu s različitim naponima kratkog spoja odredit će se iz slijedećih uvjeta:

a) Transformatori su odabrani tako, da prvi ima najmanji napon kratkog spoja, drugi transformator ima veći, a treći ima najveći napon kratkog spoja, dakle

$$a_1 < a_2 < a_3$$

b) Za paralelan rad sva tri transformatora relativno opterećenje određuje se, kako je naprijed navedeno.

c) Rade li paralelno samo dva transformatora, relativna opterećenja iznose:

$$i_1 = 1$$

$$i_2 = \frac{e_2}{e_3} = \frac{a_2 + 100}{a_3 + 100}$$

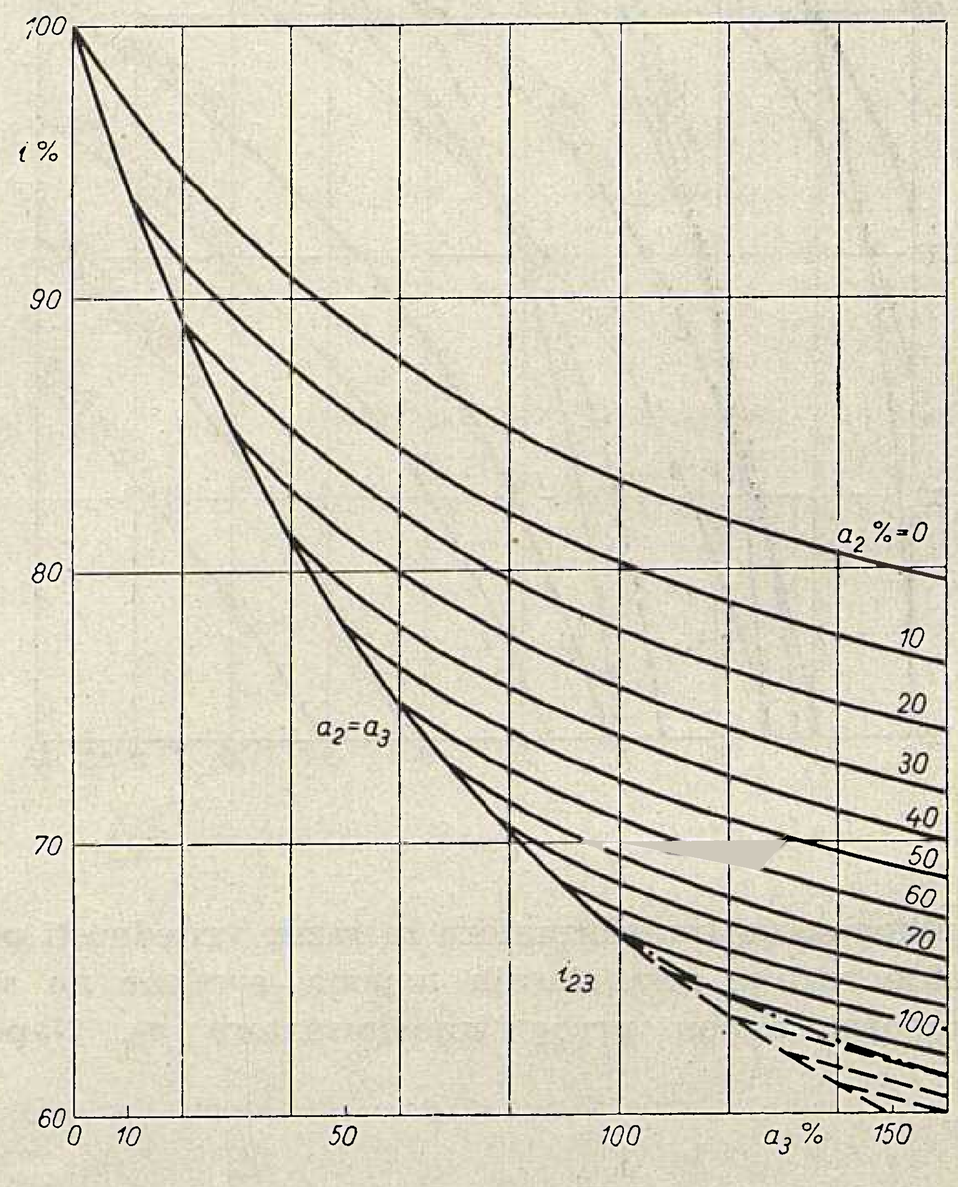
Iz navedenih jednadžbi može se lako odrediti, da je

$$a_3 = \frac{a_2^2}{100} + a_2 - 100$$

Očito je, da će se kod najmanje razlike između napona kratkog spoja prvog i drugog, te prvog i trećeg transformatora svi transformatori moći zamijeniti sa dva, ako su naponi kratkog spoja drugog i trećeg transformatora isti. — U tom će slučaju dva transformatora odvojena od prvog, moći uzeti teret jednak sumi njihovih nazivnih struja. Za promatrani slučaj ($a_2 = a_3$) izlazi, da je $a_3 = 100\ \%$. Iz toga slijedi, da naprijed navedeno ima smisla samo onda, ako je razlika napona kratkog spoja drugog transformatora veća ili jednaka 100 %. To znači, da ćemo tri transformatora različitih napona kratkog spoja, istih snaga, moći zamijeniti sa dva transformatora odnosno izbaciti iz pogona s najmanjim naponom kratkog spoja, a da teret ostane isti ili ga čak povećamo, samo u onom slučaju ako su naponi kratkog spoja drugog i trećeg transformatora dvaput ili više veći od napona kratkog spoja prvog transformatora. Granična linija nanesena je u dijagramu, a određena je analogno kao u prethodnim poglavljima.

Sl. 14. Ovisnost ukupnog opterećenja triju transformatora (i %) s različitim naponima kratkog spoja o procentualnoj razlici napona kratkog spoja trećeg i prvog transformatora svedenoj na napon kratkog spoja prvog transformatora (a_3 %) a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Krivulje su računane za određene vrijednosti procentualne razlike napona kratkog spoja drugog i prvog transformatora svedene na napon kratkog spoja prvog transformatora (a_2 %). Kao prvi trasformator uzet je onaj s najmanjim naponom kratkog spoja, a ostali su poredani prema veličini napona kratkog spoja

i_{23} — u pogonu su samo drugi i treći transformator. U tom području oni su mnogo više opterećeni nego sva tri transformatora zajedno, a da ne bude preopterećen nijedan transformator



10. PARALELAN RAD TRANSFORMATORA S RAZLIČITIM PRIJENOSNIM ODNOSIMA

10.1. M transformatora u paralelnom radu

Ako se u izraze (4.8) i (4.12) za struju izjednačenja i_{iv} i struju opterećenja i_{tv} v-tog transformatora uvrsti $a_v = 0$ i $p = 1$ dobivamo

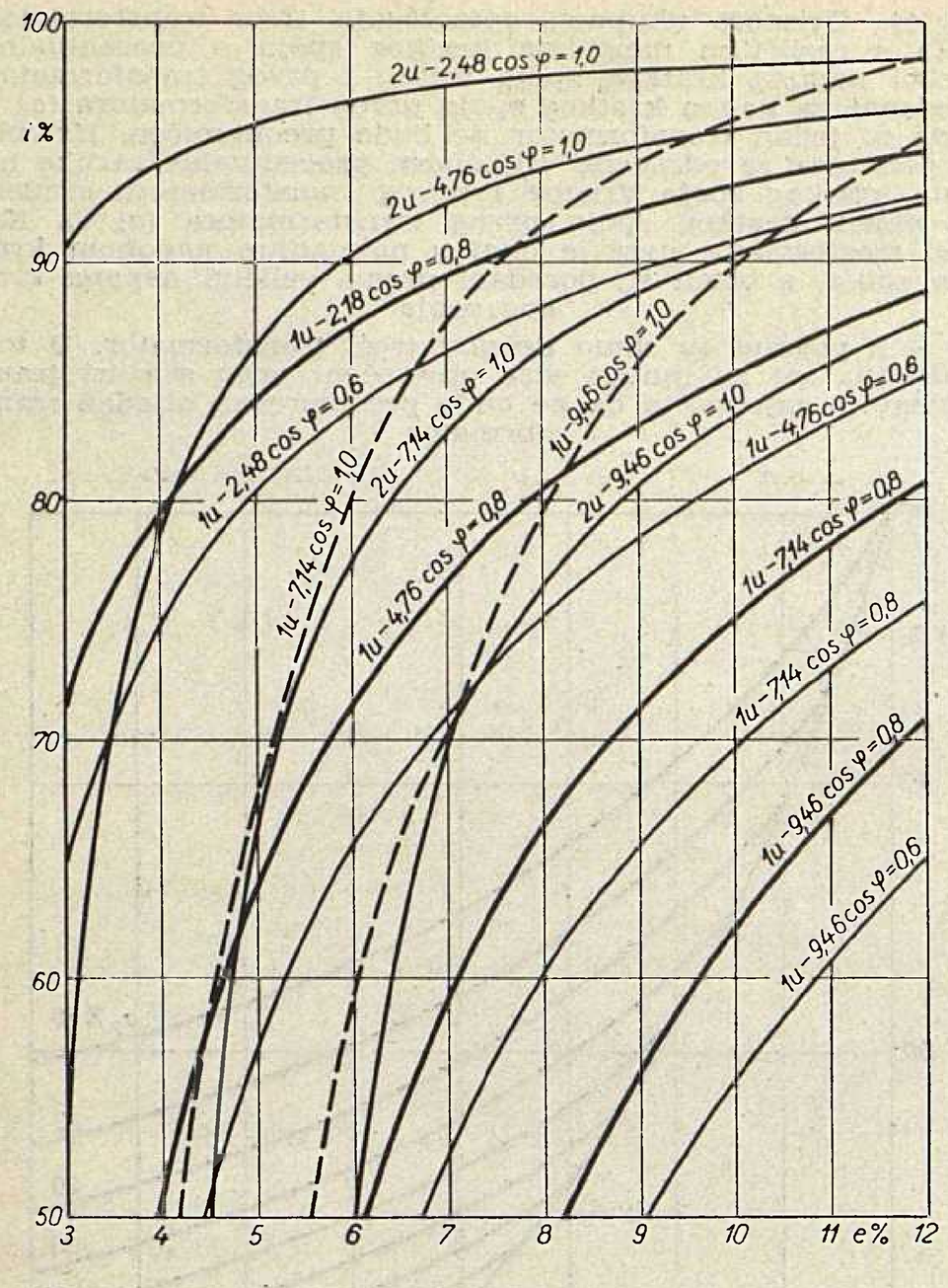
$$i_{iv} = \frac{100}{e_1 (100 + u_v)} \left[100 + u_v - \frac{\sum \frac{1}{100 + u_v}}{\sum \frac{1}{(100 + u_v)^2}} \right]$$

$$i_{tv} = \frac{\sum \frac{1}{100 + u_v}}{(100 + u_v) \sum \frac{1}{(100 + u_v)^2}}$$

Ukupna relativna struja v-tog transformatora u kojoj je uračunana i struja magnetiziranja dana je izrazom (1.04.16).

10.2. Dva transformatora u paralelnom radu

Dijagramom na sl. 15 prikazana je ovisnost mogućnosti opterećenja obaju transformatora o naponu



Sl. 15. Ovisnost ukupnog opterećenja dvaju transformatora (*i* %) s različitim prijenosnim odnosima o naponu kratkog spoja (*e* %) jednakom za oba transformatora, a da ni jedan transformator ne bude preopterećen. Krivulje su računane za slučajeve kada je sekundarni napon prvog transformatora imao vrijednost 1,05 U_n, a sekundarni napon drugog transformatora 1,025 U_n; U_n; 0,975 U_n i 0,950 U_n, što daje procentualnu razliku sekundarnih napona prvog transformatora od 2,48 %; 4,76 %; 7,14 % i 9,46 %, te za cos φ tereta jednak 1,0; 0,8 i 0,6. Oznake 1 odnosno 2 znače da je nominalno opterećen prvi odn. drugi transformator, a *U*-2,48 %; *U*-4,76 %; *U*-7,14 % i *U*-9,46 % procentualnu razliku spomenutu prije

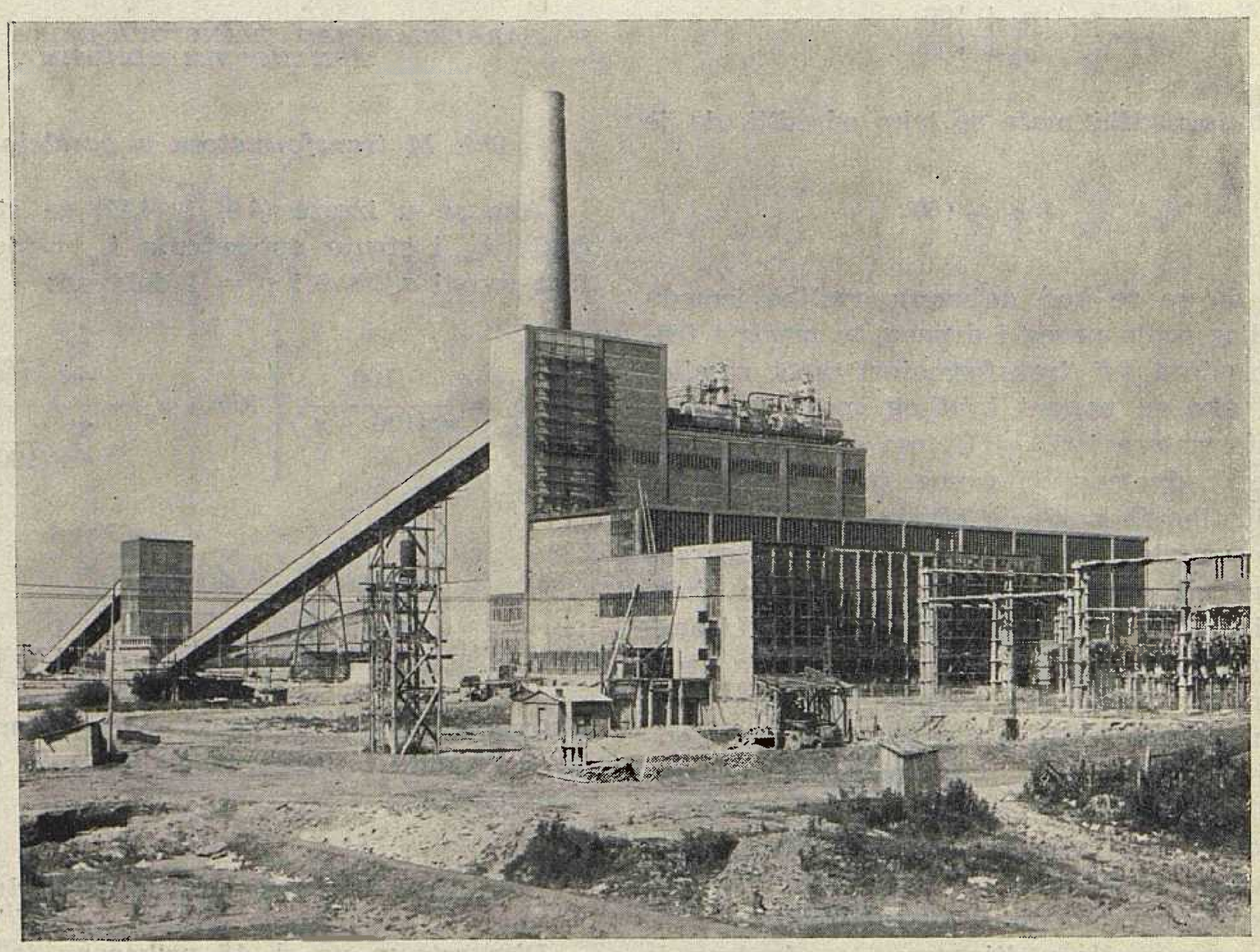
kratkog spoja transformatora za razne vrijednosti postotne razlike sekundarnih napona, svedene na sekundarni napon prvog transformatora u_2. Napon kratkog spoja varira od 3 % do 12 %, a za u_2 su uzete vrijednosti — 2,48 %, — 4,76 % i — 9,46 %. Ove vrijednosti u_2 odgovaraju pojedinim odcjepima na namotu transformatora. Dijagrami su računani za cos φ tereta jednak 1, 0,8 i 0,6.

U većini slučajeva imamo puno opterećeni transformator s manjim prijenosnim odnosom. Iznimka su transformatori s malom naponskom razlikom uz cos φ blizu ili jednako 1, kada transformator s većim naponom primi manji teret.

Literatura

[1] *Prijedlog JUS-a za transformatore*
[2] P o ž a r, *Električka postrojenja I* (skripta), Zagreb, 1961.
[3] D o l e n c, *Transformatori I* (skripta), Zagreb 1961.
[4] M i t r a k o v i ć, *Transformatori,* Naučna knjiga, Beograd 1959.
[5] K a i s e r, *Elektrotehnički priručnik,* drugo izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1959.
[6] A l e k s e n k o, *Paralelnaja rabota transformatorov,* Gosudarstvenoe energetičeskoe izdatel'stvo, Moskva — Lenjingrad 1960.

Naslovi pisaca: Ing. Josip V u l e t i ć, Elektrotehnički fakultet Zagreb i ing. Božo U d o v i č i ć, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37



Termoelektrana - Toplana Zagreb

XIX zasjedanje CIGRE u Parizu 1962.

A. ZASJEDANJE

XIX zasjedanje CIGRE (Conférence internationale des grands résaux électriques) održano je u Parizu od 16. do 26. svibnja o. g. Organizacija CIGRE već ima svoju dugogodišnju tradiciju. Osnovana je 1921. pod okriljem internacionalne elektrotehničke komisije (IEC). Svrha je ove organizacije da objavljuje i širi napredak tehnike mreža visokog napona, te da organiziranjem kongresa svake druge godine stvara mogućnost kontakta stručnjaka iz sviju zemalja.

Materija koju obrađuje CIGRE podijeljena je u četiri sekcije:

1. Konstrukcija i pogon uređaja za proizvodnju, transformaciju i uklapanje električne struje.
2. Konstrukcija izolacija i uzdržavanje nadzemnih vodova i kabela.
3. Pogon, zaštita i povezivanje mreža.
4. Tehnika mreža napona viših od 220 kV.

CIGRE ima danas 2558 članova iz 50 zemalja, koji ju svojim godišnjim doprinosom financiraju. Članovi mogu postati svi inženjeri, društva i organizacije čije je djelovanje posvećeno radu na mrežama visokog napona. Osim kongresa koji se održavaju svake dvije godine permanentni se rad razvija u studijskim komitetima, kojih sada ima 18.

Za ovogodišnju konferenciju prijavila su se 1943 učesnika (ne računajući pratnju) iz 46 zemalja, od toga 29 iz Jugoslavije. Koliki je broj stvarno prisustvovao nije još poznato (prisustvovalo je 17 Jugoslavena). Na ovom zasjedanju diskutirano je 118 referata iz 12 grupa. Treba napomenuti, da se o svim grupama ne diskutira na svakom kongresu već neke od grupa dolaze na red na svakom drugom zasjedanju (svake četvrte godine).

Ove su godine diskutirane slijedeće grupe:

11 Generatori	21 Kabeli
12 Transformatori	32 Koncepcije i rad mreža
13 Sklopke	34 Teletransmisije
14 Ulja	35 Perturbacije
15 Stanice	41 Koordinacija izolacije
17 Kondenzatori	42 Vrlo visoki napon

Sjednice su održavane ujutro i popodne, po dvije grupe paralelno. Raspravljena je ova problematika:

1. *Generatori*

a) Osnovne karakteristike i rad velikih turbogeneratora, te utjecaj na njihovo dimenzioniranje (5 referata)
b) Pomoćni uređaji velikih termoelektrana i hidroelektrana (5 referata)
c) Uzbuđivanje generatora pomoću usmjerivača (4 referata)
d) Prenaponi vanjskog podrijetla (2 referata)
e) Pogonske i konstruktivne karakteristike hidrogeneratora (3 referata)
f) Procjena struja namota generatora mjerenjem kuta gubitaka (1 referat)
g) Korištenje plinskih turbina za pokrivanje vrhova opterećenja (1 referat)

2. *Transformatori*

a) Elementi koji djeluju na termičku sposobnost namota uljnih transformatora (4 referata)
   Povećanje dozvoljene granične temperature transformatora bez smanjenja životne dobi
   Procjena temperature najvrućijih tačaka
b) Problem kratkog spoja u velikim transformatorima (6 referata)
   Radijalne elektromagnetske sile kojima je izvrgnut namot
   Aksijalne elektromagnetske sile kojima je izvrgnut namot
   Pokus kratkog spoja
c) Otkrivanje pojave korone u transformatorima (4 referata)
   Priroda pojave, metode mjerenja
   Rezultati mjerenja
   Ionizacija i gradijent pogonskog napona
d) Pokusi udarnim valovima (1 referat)
e) Konstrukcija velike prigušnice (1 referat)

3. *Sklopke*

a) Povratni naponi (4 referata)
b) Greške na udaljenosti od nekoliko kilometara od sklopke (5 referata)
c) Isklapanje slabih induktivnih struja (1 referat)
d) Isklapanje slabih kapacitivnih struja. Isklapanje neopterećenih dalekovoda (1 referat)
e) Vladanje luka u području prijelaza struje kroz nulu (2 referata)
f) Uklapanje i isklapanje kondenzatorskih baterija (2 referata)
g) Različiti problemi u vezi sklopaka (2 referata)
h) Struje kratkog spoja (2 referata)
i) Ultrabrzo ponovno uklapanje (1 referat)

4. *Izolaciona ulja*

a) Sastav i poboljšanje izolacionih ulja (1 referat)
b) Kontrola stanja ulja u pogonu, posebno mjerenjem dielektričnih gubitaka (1 referat)
c) Tekuće izolacione materije, osim mineralnih ulja (1 referat)
d) Električki proboj ulja (1 referat)

5. *Stanice*

a) Konstrukcija kondenzatora (5 referata)
   Papir za kondenzatore
   Impregnaciono sredstvo i papir
   Vijek trajanja kondenzatora i ionizacija
b) Pogon kondenzatora velike snage u mrežama (4 referata)
   Razdioba reaktivne snage u mrežama
   Proizvodnja reaktivne snage s obzirom na rentabilnost
   Uvjeti pogona kondenzatora
   Sigurnost pogona kondenzatora
   Problem iskapčanja kondenzatora

7. *Kabeli*

a) Podmorski kabelski prijenos na velike daljine (2 referata)
b) Korozija kabelske zaštitne trake (1 referat)
c) Kabeli za istosmjernu struju visokog napona (1 referat)
d) Sintetičke izolacije kabela (3 referata)
e) Pogon kabela za napon iznad 230 kV (1 referat)
f) Ekonomija kabelskog prijenosa (1 referat)
g) Faktori koji utječu na električnu čvrstoću uljnog kabela (1 referat)

8. *Koncepcije i pogon mreža*

a) Automatizacija mreža (5 referata)
   Regulacija frekvencija–snaga
   Pokusi u mrežama u vezi dobivanja podataka o parametrima mreže
   Ekonomska razdioba opterećenja
b) Pogon mreža (13 referata)
   Ponašanje sinhronih generatora kod kvara
   Ponašanje mreža kod kvara
   Proizvodnja jalove snage i regulacija napona
c) Oprema i planiranje mreža (3 referata)
d) Pomoćna sredstva za računanje mreža (2 referata)

9. *Teletransmisije*

a) Teletransmisije za potrebe pogona mreža (3 referata)
b) Teletransmisija visoke frekvencije pomoću zaštitnog užeta na vodu visokog napona (1 referat)
c) Karakteristična veličina vodova visokog napona za prijenos visokofrekventnih valova (2 referata)
d) Parazitni valovi uzrokovani isklapanjem vodova (1 referat)
e) Prijenos signala vodovima visokog napona za potrebe zaštite (1 referat)

10. *Perturbacije* (3 referata)

Suradnja uprave telefona i distributivnog poduzeća u pitanjima smetnji
Uklapanje smetnji prouzrokovanih radom velike usmjerivačke stanice
Proračun smetnji uslijed izbijanja korone na vodu vrlo visokog napona

11. *Koordinacija izolacije*

a) Manevarski prenaponi (5 referata)
   Ponašanje izolacije podvrgnute manevarskim prenaponima s obzirom na proboj
   Stupanj izolacije aparata
b) Ostali problemi (3 referata)
   Prenaponi vanjskog podrijetla
   Područje zaštite odvodnika prenapona
   Ispitivanje izolacije na mjestima pogona

12. *Vrlo visoki naponi*

a) Normalizacija vrlo visokih napona (5 referata)
b) Razvoj mreža vrlo visokih napona (5 referata)
c) Tehnički problemi prijenosa vrlo visokim naponima na veliku daljinu (5 referata)
   Stabilnost
   Regulacija
   Nivo unutarnjih prenapona
d) Problem pogona mreža vrlo visokog napona (1 referat)
   Ponašanje vodova vrlo visokog napona u pogonu
   Rad na nadzemnim vodovima vrlo visokog napona pod naponom
e) Pojava korone i njene manifestacije (3 referata)
   Gubici korone
   Radio-smetnje

Treba napomenuti, da su neki referati diskutirani u više grupa, već prema odgovarajućem sadržaju.

Za vrijeme kongresa održavali su se sastanci svih studijskih komiteta. Na ove sastanke nemaju pristupa svi učesnici kongresa već samo članovi odnosnog komiteta prema pozivu predsjednika.

Službeni jezici na zasjedanju na kojima se vode diskusije jesu francuski i engleski. Za vrijeme sjednica organiziran je simultani prijevod na engleski, odnosno francuski (već prema govorniku) i na njemački.

Za vrijeme kongresa održana je također glavna skupština CIGRE kojoj su mogli prisustvovati svi individualni članovi i predstavnici kolektivnih članova. Svrha je skupštine bila, da se odobri djelovanje organizacije između dva zasjedanja.

B. EKSKURZIJE

Prigodom XIX zasjedanja bio je priređen niz ekskurzija (koje je trebalo posebno uplatiti). Manje ekskurzije održane su za vrijeme zasjedanja, budući da je jedan dan bio slobodan i određen za tu svrhu. Veće višednevne ekskurzije održane su poslije kongresa.

Za vrijeme zasjedanja bili su organizirani tehnički posjeti:
1. Centralnom laboratoriju elektroindustrije;
2. Ispitnom i istraživačkom centru EDF u Fontenay-u;
3. Termoelektrani i stanici 380 kV u Montereau;
4. Termoelektrani Champagne sur Oise i stanici 380 kV Plessais-Gassot.

Sve su ove ekskurzije bile organizirane isti dan, tako da se mogla birati samo jedna.

Pored tehničkih bilo je i turističkih ekskurzija u Chartres, Chantilly, Versailles i Fontainebleau.

Nakon zasjedanja organizirane su dvije stručne ekskurzije i to jedna trodnevna u Alpe preko Grenobla za razgledavanje hidroelektrana i jedna jednodnevna u Boulogne za razgledavanje istosmjernog uređaja prijenosa Francuska–Engleska.

C. OSTALE PRIREDBE

Organizatori zasjedanja priredili su za sve učesnike uveče 18. V svečani prijem u vrtu i prostorijama Cercle Interallié, a 22. V svečani balet u kazalištu, koji su izveli članovi Opere i Opéra-Comique.

Za dame koje su bile u pratnji kongresista bio je organiziran niz posjeta pariškim znamenitostima.

Ing. B. Markovčić

Sedmi jugoslavenski seminar za regulaciju, mjerenje i automaciju (JUREMA) 1962.

Od 16. do 21. travnja 1962. održan je u Zagrebu sedmi »Jugoslavenski seminar za regulaciju, mjerenje i automaciju« (JUREMA), čija se djelatnost sastojala od predavanja — seminara i od specijalizirane izložbe mjernih i regulacionih uređaja na Proljetnom zagrebačkom velesajmu. Tokom pet dana na seminaru je održano 47 predavanja, od čega su 11 referata predložili strani stručnjaci iz Njemačke, Engleske i Austrije. Seminaru su prisustvovali i predstavnici mađarske Akademije, te ugledni stručnjaci iz Poljske. U toku seminara održane su i dvije ekskurzije.

Predavanja su se održavala paralelno u dvije predavaonice, a predavači su bili ugledni stručnjaci iz nuklearnih instituta, industrijskh instituta, fakulteta i poduzeća. Jednosatna predavanja obrađivala su vrlo široko područje primjene i razvoja uređaja za mjerenje i regulaciju, te elemenata automatizacije. Prvi su dan uz uvodna predavanja referenti govorili o psihologiji pri radu na tekućoj vrpci, o praćenju traumatizma, te o magnetskim pojačalima i njihovim materijalima. Drugi dan predavalo se o mjerenju i regulaciji u željezarama i o uređajima u industriji s kontinuiranim tehnološkim procesima, o instrumentariju pri pripremi vode, o pogreškama pri mjerenju, o rekonstrukciji strojeva za papir, o tranzistorskom servopojačalu, o mjerenju malih struja, o napretku osciloskopske tehnike, o registrirajućim oscilografima te o regulaciji i instrumentaciji nuklearnih elektrana.

Treći dan predavanja su obrađivala automatizaciju u industriji ulja i masti, mjerenje *p*H, regulaciju u valjaonicama, digitalnu regulaciju miješanja fluida, granicu primjene mehaničkih instrumenata, primjenu mjerača napona impulsa, mjerenje električnih veličina digitalnim metodama, automat-

sku regulaciju frekvencije i napona, poluvodičke detektore i nuklearnu metodu utvrđivanja vlažnosti. Četvrti dan bio je posvećen stroju za doziranje u kemijskoj industriji, mjerenju temperature i impulsa temperature, primjeni ultrazvuka u strojogradnji, elektroerozionoj obradi tvrdih metala, proizvodnji kratkih impulsa, generatoru funkcija, obradi impulsnih podataka, analogno-digitalnoj konverziji i detekciji i detekciji električnih signala.

Posljednji dan predavanja su obrađivala regulaciju elektromotora, pogonsku kontrolu turboagregata, »excitron« kao element regulacije istosmjernih motora, izbor regulacionih ventila, elektrohidraulički servomotor, programiranje analognih računskih strojeva i njihovu primjenu u kemijskoj industriji, samoorganizirajuće sisteme te automatsko programsko upravljanje alatnih strojeva.

Predavanja će biti objavljena u »Zborniku JUREMA 1962« koji će izaći iz štampe u jesen ove godine.*

Organizatori specijalizirane izložbe »Jurema 62« nastojali su da što kompletnije prikažu jugoslavenska ostvarenja i mogućnosti, ali i da nam istovremeno omoguće da uočimo nedostatke u organiziranoj proizvodnji elemenata za automatizaciju. Na priredbi su učestvovala 23 domaća izlagača i 11 stranih.

Kao tehničko dostignuće na izložbi najviše je zanimanja izazvao automatski tokarski stroj s magnetskom memorijom tvornice »Prvomajska«. Elektrohidraulički servomotor, konstruiran i proizveden u poduzeću »Braća Kavurić« predstavlja mnogo bolje rješenje od svih dosadašnjih odgovarajućih električnih servomotora. Šestoanodni živin ispravljač, snage 480 kW koji je izložio »Rade Končar« uspješno će zamijeniti uvozne ispravljače, a isto tako i Leonardove agregate. Primjena je u valjaonicama, te svuda gdje treba regulirati brzinu vrtnje elektromotornog pogona.

Institut »J. Štefan« prikazao je nekoliko svojih uređaja na bazi primjene radioaktivnih izotopa. Osim toga znatno je dostignuće tog instituta kompenzacioni pisač. I druga naša poduzeća i instituti pokazali su vrijedne rezultate svojih napora.

Izložba pokazuje da smo u tehnološkom pogledu kadri proizvoditi bolje i više nego što se obično misli i priča. No izložba pokazuje i to da za velikoserijsku proizvodnju i primjenu moramo uložiti još mnogo truda u organizaciju i koordinaciju proizvodnje, barem toliko koliko smo uložili i ulažemo u razvoj. Možda je baš u sticanju te spoznaje najveća vrijednost ovogodišnje izložbe JUREMA.

M. B.

---

* Dio naklade »Zbornika« mogu naručiti i reflektanti koji nisu pohađali seminar, jednako kao i »Zbornik JUREMA 1961« kod: JUREMA, Zagreb, Berislavićeva 6.

VIJESTI IZ PODUZEĆA ZA RADE INSTITUTA

Dugoročna suradnja Instituta za elektroprivredu s industrijom

Institut za elektroprivredu u Zagrebu, pored stalnog rada na istraživanju, unapređenju i razvoju problematike na području elektroprivrede, koncentrirao je svoju djelatnost i na termoenergetske probleme industrije. U skladu s ovim, Institut je povezan, putem višegodišnjih ugovora, s ključnim poduzećima, koja imaju intenzivnu potrošnju raznih oblika energije. Međusobna suradnja sastoji se u stručnim konzultacijama, izradi studija i elaborata, u racionalnim rješenjima aktuelnih i perspektivnih problema, u praćenju i optimalnom usmjeravanju pogonskih pojava, unapređenju energetske ekonomije, ispitivanju tehničkih, ekonomskih i pogonskih karakteristika, od pojedinih strojeva do kompleksnih postrojenja.

Institut na ovoj osnovi surađuje sa

Željezarom u Sisku,
Tvornicom parnih kotlova, Zagreb
Tvornicom »Đuro Đaković«, Slavonski Brod,
Termoelektranom Kakanj, Čatići,
Tekstilnom industrijom »Varteks« u Varaždinu,
Jugoslavenskim kombinatom gume i obuće, Borovo.

Višegodišnje iskustvo pokazalo je, da je ovaj način povezivanja industrije i Instituta veoma koristan za obje strane.

J. L.

PREGLED STRUČNE LITERATURE

Izgradnja hidroelektrane na Nijagari i rijeci Sv. Lovrijenca

Na američkoj strani Nijagare izgrađena je hidroelektrana »Robert Moses«, snage 2 milijuna kW, pri čemu je od značaja ugovor između SAD i Kanade, da se slikovitost predjela Nijagare ne smije unakaziti branama i umjetnim građevinama. Zato je cijelo postrojenje podijeljeno u tri velike međusobno odijeljene gradnje. Ulaz vode nalazi se oko 4 km iznad slapova Nijagare, dok je elektrana zajedno s pumpnom stanicom i akumulacionim jezerom oko 6 km nizvodno od slapova. Pojedina postrojenja povezana su s dva betonirana tunela gornje vode, dužine 6,4 km i s jednim otvorenim otcjepnim kanalom, dužine 1,5 km.

U blizini elektrane bilo je potrebno akumulaciono jezero od 414 hektara, koje može primiti 65 milijuna m³ vode, jer se investitor – prije pristupanja gradnji – morao obavezati, da neće uzimati vodu preko dana za vrijeme turističke sezone, kako bi preko vodopada prošlo 2800 m³ vode svake sekunde. Zbog osiguranja vode za elektranu i u vrijeme ograničenja, odvaja se u akumulaciono jezero dio vode od 2300 m³/sek, koliko teče kroz spojni cjevovod, tako da uvijek postoji rezerva. Pumpna stanica koja se nalazi između akumulacionog jezera i elektrane ima dvije funkcije: noću koristi slobodne kapacitete elektrane, da crpe dio vode u uspor-

ni bazen, dok se danju, za vrijeme vršnog optećenja, upotrebljavaju postrojenja kao turbine i generatori (snaga 240 MW). U strojarnici je smješteno 12 agregata sa sinhronim strojevima, kojima je snaga kao motora 27,5 MW, a kao generatora 20 MW, i koji su neposredno spojeni s turbinama-pumpama.

Zgrada elektrane visoka je 38 spratova, a široka 550 m i u njoj se nalazi 13 Francis-turbina po 200.000 KS uz visinu pada od 91,5 m, s ukupnom snagom od 1,95 milijuna kW. Težina jednog generatora je 1115 t.

Preko puta ove elektrane, na kanadskoj strani, izgrađene su dvije hidroelektrane u stijeni visokoj 100 m. Iznad slapova Nijagare izgrađena je brana dužine 500 m i dva duga tunela, dužine 9 km, promjera 20 m. Ovi su tuneli 100 m ispod grada Niagara Falls, a svršavaju u kanalu dužine 3,5 km, odakle se voda odvodi pomoću pumpa do akumulacionog jezera, koje može primiti 18 milijuna m³ vode. Tu je instalirano šest agregata ukupne snage 170 MW, a voda se može odvesti direktno do nove hidroelektrane. Od obiju spomenutih hidroelektrana jedna je izgrađena 1930. sa snagom od 390 MW, a druga 1955. sa snagom od 1200 MW. Obje elektrane imaju direktni dovod vode iz kanala i tunela ili još dodatno iz akumulacionog jezera. Ukupna instalirana snaga je 1760 MW.

Dalekovodom napona 345 kV povezana je Nijagara s hidroelektranama na rijeci Sv. Lovrijenca, gdje su 1954. započeli prvi radovi na kanadskoj strani. Usporni nasip, dužine 1065 m i visine 50 m, izgrađen je kod Cornwalla uzvodno od Montreala. Količina vode iznosi 7.000 do 10.000 m³/sek. Instalirana su 32 agregata s Kaplan-turbinama, s korisnim padom između 23 i 25 m i sa 94,5 o/min, spojena s generatorima po 60 MVA, 13,8 kV. Kako granica između SAD i Kanade prolazi sredinom nasipa, izgradila je svaka zemlja svoj dio prema jednoobraznim nacrtima. Na svakoj je strani 16 agregata, a na obim obalama izgrađena je po jedna rasklopna stanica. Akumulaciono jezero dugačko je više od 40 km. Trebalo je preseliti 7 naselja s oko 6500 stanovnika. U tu svrhu konstruirano je vozilo za transport zgrada, pomoću kojeg je preseljeno 525 kuća na zemljište veće visine. Nadalje je preseljena željeznička pruga i cesta Toronto—Montreal. Jezero zauzima površinu od 260 km².

Godine 1959. završena je električna oprema: 32 turbine po 60 MVA, s ukupnom snagom generatora od 1880 MW. Generatori su hlađeni zrakom, koji predaje toplinu rashladnoj vodi, a zimi se toplina iskorišćuje za grijanje prostorija. Na kanadskoj strani napajaju po četiri generatora jedan transformator od 258 MVA. Radi skraćenja kabela postavljeni su transformatori na nizvodnoj strani nasipa. Energija se prenosi uljnim kabelom 230 kV do 3 km udaljenog vanjskog rasklopnog postrojenja.

Zbog regulacije vodostaja izgrađene su još dvije velike građevine. 5 km uzvodno od Cornwalla nastao je 700 m dugi i 45 m visoki nasip, koji zajedno s nasipom Sv. Lovrijenca regulira vodostaj u akumulacionom jezeru, a suvišnoj vodi omogućuje otjecanje. Druga građevina je 40 km uzvodno i to nasip dužine 760 m i visine 20 m, koji regulira vodostaj u jezeru Ontario i dotok vode rijeci Sv. Lovrijenca.

-er

Smjernice VDE 0228 za potrebne mjere kod približavanja vodova elektroveza i električnih vodova

Smjernice za potrebne mjere kod približavanja vodova elektroveza i električnih vodova VDE 0228 izdalo je Udruženje njemačkih elektrotehničara godine 1925. One od tada nisu mijenjane. U međuvremenu je dobiven bolji uvid u tehničko-fizikalne zavisnosti, a došlo se i do spoznaje, da se ovi problemi teško formalno rješavaju zbog mnogobrojnih parametara koje treba uzeti u obzir, a kojih međusobna zavisnost nije uvijek potpuno jasna. Nadalje velika kolebanja važnih vrijednosti otežavaju i specijalistima ovog područja da nađu zadovoljavajuće rješenje. Imajući sve to u vidu pokušali su 1930. u Njemačkoj ostvariti neposrednu saradnju stručnjaka velikih mreža (pošta, željeznica i elektroprivredna poduzeća), kako bi se pronašla svrsishodna rješenja ovog problema. Postignuti uspjesi doveli su do osnivanja arbitražnog tijela za pitanje utjecaja, čijem uspješnom djelovanju zahvaljuje njemačka privreda uštedu mnogih nepotrebnih izdataka. Iste metode rada upotrebljavaju se i u drugim zemljama, na primjer u Austriji i Švedskoj.

Stare smjernice mogle su se tako dugo održati zbog postojanja arbitražnog tijela, gdje su nesuglasice najkraćim putem rješavane. Ipak je u stručnim krugovima odavna postojala želja za novim smjernicama, prilagođenim najnovijim spoznajama i sadašnjem stanju tehnike. Zato su kod nove obrade smjernica korištena iskustva opsežnih teoretskih i mjernih radova arbitražnog tijela, kao i želje zainteresiranih proizvođača.

Odustalo se od dosada uobičajene metode uzimanja najnepovoljnijih vrijednosti za parametre u svim onim slučajevima u smjernicama, gdje je moguće tačnije procjenjivanje. U tom nastojanju nađene su i razumne granice za opseg proračuna. Svagdje se ukazalo na moguće granice tačnosti proračuna, uvjetovane brojem i područjem kolebanja parametara. Kod procjene »opasnosti« u smjernicama se nastojalo postići najveću moguću računsku tačnost. Kako ovdje ima utjecaj samo jedna osnovna frekvencija, lakše je postići tačnost procjene nego u slučaju »smetnje«. Kod »smetnja« je moguća procjena samo reda veličine. Sve formule daju jasnu fizikalnu sliku. Mjesto čisto formalnih »brojeva opasnosti i smetnji« daju se odnosi za proračun napona opasnosti, struje opasnosti itd. i određuju za ove veličine granične vrijednosti. Tamo gdje se mogu provesti daljnji proračuni izvan okvira VDE 0228, upozorava se na to, uz preporuku, da se rezultati provjere odgovarajućim pokusima.

Zbog uvođenja kruto uzemljenog zvjezdišta vodi se sada više računa o induktivnom utjecaju, dok se u starim smjernicama razmatrao uglavnom utjecaj električnog polja. Kod utjecaja električnog polja moglo je otpasti poglavlje *Opasnosti uslijed akustičnog udara,* jer je u međuvremenu uvođenjem uređaja za zaštitu od akustičnog udara ovaj problem riješen.

U slučaju *Smetnji kod jednopolnog zemnog spoja u mrežama s izoliranim zvjezdištem ili zvjezdištem uzemljenim pomoću prigušnice* razlikovale su se:

a) mreže, koje selektivno iskapčaju jednopolni zemni spoj nakon 10 sekunda;

b) mreže s uređajem za registraciju, lokaciju i ubrzano iskapčanje zemnog spoja;

c) mreže, koje nemaju takve uređaje.

Kod proračuna približavanja ne uzima se u slučaju a) u obzir jednopolni zemni spoj, dok se u slučaju b) uzima u obzir samo onda, ako napon šuma prekoračuje peterostruku normalnu vrijednost. U slučaju c) uvijek se uzima u obzir. Smjernice CCITT isključile su od proračuna približavanja samo slučaj a).

Kod mreža s prigušnicama nije se, kao i dosada, uzeo u obzir induktivni utjecaj uslijed dvostrukog zemnog spoja, što je saglasno i sa smjernicama CCITT. Obrazloženje je, da se dosada nije moglo dokazati da bi takav slučaj uzrokovao nezgode. Induktivno djelovanje dvostrukog zemnog spoja ne treba uzeti u obzir, ako je mreža dovoljno kompenzirana. U VDE 0228 taj je zahtjev ovisan o naponu mreže. Za mreže s izoliranim zvjezdištem, u ovom pogledu, vrijedi isto što i za kompenzirane mreže, makar se kompenzacija kod ovih mreža dešava pod nepovoljnijim uvjetima.

Za opasnost po ljude uslijed induktivnog utjecaja dozvoljeni napon iznosi 300 V, što je u skladu sa VDE 0141, dok međunarodne smjernice CCITT dozvoljavaju 430 V, a za vodove visoke sigurnosti čak i 600 V. Stvarno su isti zahtjevi u obim odredbama. Razlika je u brojčanim vrijednostima zato, što je u VDE 0228 otvoreno naveden faktor vjerojatnosti i iznosi oko 0,7, dok je u smjernicama CCITT prikri-

veno sadržan. Ako se ne uzme u obzir faktor 0,7, dobiva se i prema VDE smjernicama napon od 430 V, kako je predviđeno u smjernicama CCITT. Faktor vjerojatnosti sadržaje sigurnost dalekovoda i okoline dalekovoda. Ako se povećaju faktori sigurnosti dalekovoda, mogu se za faktor vjerojatnosti pretpostaviti manje vrijednosti, što odgovara naponu od 600 V u smjernicama CCITT. VDE 0228 uzima u obzir takve prilike i predviđa smanjenje faktora vjerojatnosti uz odgovarajuće obrazloženje.

Dozvoljena vrijednost od 10 mV za EMS šuma određena je kod »smetnje« sa 2 mV, ali treba nastojati postići 1 mV (vrijednost prema CCITT). Pokusi su pokazali, da se vrijednost od 2 mV jedva zapaža kod šumova koji normalno vladaju u prostoriji.

Usporedbena mjerenja su pokazala, da su suviše stroge formule za proračun inducirane EMS šuma od električnog polja. Predviđa se, da se uzmu u obzir stvarni naponi smetnji odnosno faktori oblika trofazne mreže, ako su poznati. Mnogobrojna ispitivanja su pokazala, da se ovi kreću uglavnom od jedne trećine do jedne četvrtine procijenjene vrijednosti od 2 % iz starih smjernica. U mrežama s naročito jakim opterećenjem ispravljača može vrijednost faktora oblika postići ili čak neznatno prekoračiti 2 %. Ostale formule za proračun preuzete su iz smjernica VDE 0227.

Poglavlje *Postupak kod mjerenja* zauzima vrlo mnogo prostora, jer je od značaja za prosuđivanje slučajeva utjecaja. Na kraju je pokazana primjena formula u nekoliko primjera za proračun.

Nova obrada smjernica izvršena je u roku od godinu dana zahvaljujući predradnjama koje je izvršilo arbitražno tijelo kao i zbog nove obrade VDE 0226 i 0227.

F. K.

Potporni izolatori za velike raspone

Među novostima na Sajmu elektrotehničke industrije u Hannoveru 1961. godine (ETZ-B, 1961, br. 8/9, str. 217) pojavio se novi tip izolatora za velike raspone za napone do 20 kV. To je kombinacija potpornog izolatora i gibive nosne stezaljke, a prikazan je u slici. Stezaljka se sastoji od žlijeba, klina i stremena, koji se može lako okretati pomoću izdanka u obliku osovine. Izdanci imaju ležaj u glavi izolatora, kako se vidi u slici. Uže se montira u stezaljku pomoću dvije matice. Stezaljka ima slobodu gibanja do 30^0 i na taj način zaštićuje uže od lomova uslijed vibracija.

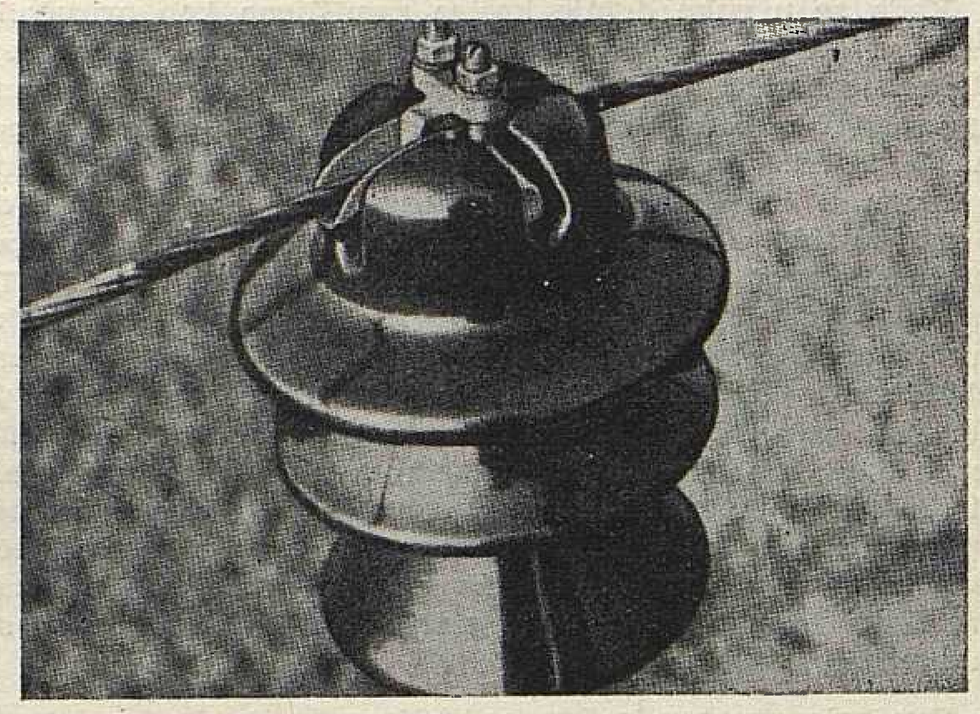
Naročita je prednost ovog tipa izolatora sa stezaljkom, što znatno smanjuje troškove gradnje. Upotrebom potpornog izolatora u usporedbi s visećim izolatorom, ušteđuje se oko 1 m na visini stupova.

Razvlačenje vodiča prilikom montaže može se izvesti kroz utor glave izolatora, te tako postaju suvišni koturi. Zbog jednostavne montaže znatno se skraćuje trajanje montaže. Otpadaju pomoćna užeta, zaštitne bandaže i dodatne stezaljke.

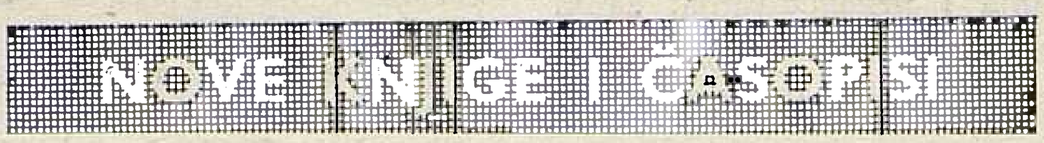
Ovaj tip izolatora sa stezaljkom dao je dobre rezultate na pokusnoj dionici na nadmorskoj visini od 500 m. Prilikom ispitivanja sa 4×10^7 titraja nisu opaženi tragovi na stezaljci ili izolatoru.

Izolator se može dobiti i s olovnim umetkom s narezom koji se nalazi u rupi za poduporu, te se može direktno montirati na čelične podupore sa specijalnim okruglim narezom. Time se još više pojednostavnjuje montaža.

-er



Sl. 1. Potporni izolator za velike raspone



K. Schröder: *Grosse Dampfkraftwerke, Planung, Ausführung und Bau.* Zweiter Band: *Die Lehre vom Kraftwerksbau.* Naklada Springer, Berlin / Göttingen / Heidelberg 1961. Cijena 166.— DM Uvez: tvrdo, platno. Oko 740 strana velikog formata.

Pošto je godine 1959. izašao prvi dio pod naslovom »Atlas elektrana«, očekivao se s velikim interesom drugi dio ovog standardnog djela. Drugi dio sadrži analize, objašnjenja i podatke za primjere koji su opisani u prvom dijelu. Iz osnovne povezanosti problema autor razvija zakonitost unutrašnje i vanjske izgradnje. Pokazuje kako treba povezivati pojedine elemente da se dobiju optimalna toplinsko-električka i konstruktivna rješenja u cjelini uz primjenu tehnike regulacije i automatizacije. Pri izlaganju upotrebljava novu metodu podjele bloka na krugove i grupe. Ispituje uplive različitih mjesnih prilika na strukture rješenja bloka i cijelih postrojenja kondenzacionih i industrijskih elektrana kao i toplana. Prikazan je pravac razvoja s podacima i karakteristikama. Pored konvencionalnih parnih elektrana obrađene su i elektrane sa kombiniranim procesom para-plin, atomske centrale kao i metoda neposredne proizvodnje električne energije iz primarnih energija.

Djelo sadrži točne postupke za proračun specifične potrošnje topline, s usporedbom ekonomičnosti raznih procesa u proizvodnji energije.

Poglavlje koje obrađuje registar elektrana sadrži sistematski složene preglede svih elemenata jedne elektrane s podacima o dimenzijama i projektnoj osnovi. Primjeri karakterističnih najnovijih elektrana s fotografijama modela i izgrađenih objekata daju dragocjene podatke za planiranje novih elektrana. Rješenja za opskrbu ugljenom i rashladnom vodom dana su na izvedenim primjerima. Prikazani su različiti načini koordinacije u pripremi i izvođenju gradnja, kao i oblici suradnje između investitora, izvođača i isporučioca.

Da bi se djelom mogli služiti stručnjaci, koji se ne bave specijalno problemima termodinamike, dane su u posebnom poglavlju osnove termodinamike s potrebnim objašnjenjem pojedinih procesa.

Treći dio, koji će kasnije izaći pod naslovom »Oprema elektrana«, obuhvatit će detaljno strojne i elektrotehničke elemente za izgradnju elektrana. Time će ovo djelo biti kompletirano, a nauka i praksa obogaćena dragocjenim prilogom koji je plod 40-godišnjeg plodonosnog djelovanja eminentnog stručnjaka na ovom području.

Ing. J. Lucati

H. Meinke — F. W. Gundlach: *Taschenbuch der Hochfrequenztechnik.* Drugo izdanje. Naklada Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962.; 1940 stranica, oko 2300 slika, brojne tablice i grafički prikazi. Uvez: tvrdo, platno. Cijena 97,50 DM.

Kada se u ruke dobije knjiga zamišljena kao priručnik, često se od nje očekuje da bude samo kratki informator, odnosno sabirnik niza podataka sakupljenih s raznih strana i potrebnih za rad stručnjaka, koji je već posve dobro upoznat s teoretskom stranom razmatranih problema. Potrebno je međutim odmah naglasiti pozitivnu osobinu ove knjige da je ona mnogo više nego suhi priručnik. Knjiga je djelo pedesetorice stručnjaka na polju visokofrekventne tehnike. To je i razlog da su mnogi problemi vrlo iscrpno obrađeni, tako da se slobodno može reći da je svako poglavlje u knjizi zaseban mali priručnik. Obrada pojedinih problema vrlo je temeljita, pa je često skoro nemoguće zamisliti da nije naveden koji poseban slučaj općenito razmatranih problema. Isto je tako i formalna obrada teksta vrlo solidno izvedena; matematički je slog vrlo jasan i pregledan; naročito se osjeća dosljednost u preciznom označavanju pojedinih veličina kao i njihovih razmjernosti; slike, grafikoni i tablice izvedeni su na najbolji mogući način.

Ova vrlo opsežna knjiga podijeljena je na dvadeset i pet poglavlja, za čija su označavanja jedva dostajala slova abecede. Kod toga se unutar nekoliko poglavlja naziru obuhvaćene veće grupe istorodnih problema. U poglavljima A i B obrađeni su elementi kao zavojnice (u vezi razmatranja magnetskog polja), kondenzatori (u vezi električkog polja), otpornici, zatim pojave magnetostrikcije i piezoefekta, kao i razni spojevi s koncentriranim elementima. Poglavlja C, D, E, F, G razmatraju donju grupu problema: visokofrekventne vodove, valovode, njihova spajanja i prilagođivanja, zatim šuplje rezonatore i vodove kao rezonatore.

U poglavljima H, J dane su antene i prostiranje elektromagnetskih valova u prostoru.

Poglavlje K obrađuje moderne elemente novije elektronike: poluvodiče.

U preostalom dijelu knjige proračđeni su problemi u vezi s elektronskim cijevima. Tako poglavlja L, M obrađuju procese kod uobičajenih prijemnih elektronki, kao i kod onih specijalnih, koje uzimaju u obzir vrijeme proleta elektrona (klistroni, magnetroni i dr.); poglavlja N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W obrađuju probleme prijemnih i predajnih pojačala (tu se nalaze i opisi molekularnih pojačala o kojima postoji zasad dosta oskudna literatura), ispravljanja, miješanja, stvaranja oscilacija, impulsne tehnike, šumova, modulacije (vrlo opširno), dojavne tehnike, predajnika i prijemnika.

Visokofrekventnoj mjernoj tehnici dano je mjesto unutar poglavlja Y. Posljednje poglavlje Z opisuje ukratko izvore napajanja elektronskih uređaja.

Ing. M. Vujnović

H. D. Baehr u. K. Schwier: *Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft im Temperaturbereich zwischen —210° C und +1250° C bis zu Drücken von 4500 bar.* Springer Berlin / Göttingen / Heidelberg 1961. Cijena 48 DM.

Sredstva mnogih materijala s kojima se susrećemo u suvremenoj praksi fizike, nauke o toplini i toplinske tehnike, nisu do sada bila u dovoljnoj mjeri razrađena i pristupačna širem krugu zainteresiranih. Da bi se ovaj manjak u izvjesnoj mjeri otklonio, odlučili su izdavači ovoga djela obraditi i objaviti termodinamička svojstva za praksu najinteresantnijih plinova i tekućina.

U prvome u nizu ovih izdanja obrađena su termodinamička svojstva uzduha u cijelom nizu tablica i dijagrama u vrlo širokom području. Prilikom izrada tablica obilno je korišteno elektronsko računalo, pa je na taj način omogućeno racionalno izračunavanje željenih vrijednosti s velikom točnošću i željenom raspodjelom. Područje unutar kojeg su razrađeni podaci za uzduh ograničeno je između temperatura od — 210 do + 1250° C kao i između pritisaka do 1200 bar za niže temperature, odnosno do 4500 bar za više temperature. Specifični podaci i to specifični volumen, sadržaj topline, specifična entropija kao i specifična eksergija, prikazani su tabelarno, kao funkcija pritiska i temperature i to kod nižih temperatura za 108 izobara, a za više temperature za 76 izobara.

U posebnim tablicama dani su podaci za specifične topline pri stalnom volumenu i pri stalnom pritisku, kako u pregrijanom području, tako isto i u mokrom području pri ukapljavanju uzduha. Svi podaci su dani u internacionalnom MKS-sistemu.

Tabelarnom su dijelu priloženi, nadalje, jedan *T,s*-dijagram za uzduh i 3 *i,s*-dijagrama za temperaturna područja uzduha od 70 do 450° K, — 50 do 420° C i —40 do 1200° C.

U tekstualnom dijelu prikazan je način na koji su izračunane tablice i iznesen kritički osvrt na teoretske postave.

Općenito promatrajući ovo je djelo koristan priručnik stručnjaku, koji se bavi problemima uzduha.

Ing. H. Brkić

H. Freiberger: *Betrieb von Elektrizitätswerken,* Springer, Berlin / Göttingen / Heidelberg, 1961. IV + 490 strana, 19 slika. Uvez: tvrdo, platno. Cijena 57 DM.

Autor je, kako kaže u predgovoru, pokušao da prikaže osnovne odnose u elektroprivredi, koji mogu poslužiti kao orijentacija i pomoć za iznalaženje optimalnih rješenja, i koji mogu poslužiti specijalistima na drugim područjima, da prošire vidik.

U prvom poglavlju prikazan je pravni položaj elektroprivrede (u zapadnim zemljama), odnos javnih elektrana prema industriji s vlastitim elektranama, prilike pri zagrijavanju gradova i opskrbi prometnih sredstava, odnos prema proizvođačima električnih aparata i instalaterima, te odnos prema potrošačima.

Organizaciona pitanja razmatraju se u drugom poglavlju. Nakon pregleda o utjecaju razvoja na organizaciju, autor prikazuje najčešće organizacione forme i daje principe optimalne organizacije.

Treće poglavlje posvećeno je pogonu u užem smislu. Prikazane su karakteristike energetskih izvora i postrojenja za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije. Navedeni su, dalje, principi izvedbe spomenutih postrojenja, kao i njihove eksploatacije (opterećivanje, kvarovi, popravci).

U četvrtom poglavlju uspoređuje najprije električnu energiju s ostalim konkurentnim izvorima energije, prikazuje zatim tarifne oblike, pa razmatra karakteristike pojedinih potrošačkih grupa. Konačno prikazuje mjerenja kod potrošača i način obračuna potrošnje.

Peto poglavlje posvećeno je planiranju izgradnje i izvođenju radova, dok se u šestom poglavlju razmatra poslovanje i organizacija rada u poduzeću. Prikazani su principi za određivanje potrebnih kadrova, njihov izbor i uzdizanje, kao i osnovne postavke za vođenje statistike i financijske politike.

Opća kretanja energetike i elektroprivrede prikazana su u sedmom poglavlju.

Autor je, nesumnjivo, potpuno uspio da postigne postavljeni cilj. Čitalac će, međutim, osim osnovnih saznanja iz svih djelatnosti elektroprivrede u knjizi naći putokaz — pomoću brojnih navoda članaka i knjiga — za daljnje proširenje znanja. Knjiga se može toplo preporučiti kako tehničarima, tako i netehničarima, koji rade u elektroprivrednim poduzećima ili koji se zanimaju za probleme elektroprivrede.

Prof. dr ing. H. Požar

Dietmar Albert: *Winzige Atomkerne — riesige Energiequellen.* Dietmar Albert: *Kernenergie und Kernkraftwerke.* VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1962. Tvrdi uvez. Oko 200 stranica. Cijena 5.— DM po knjizi.

Naklada »Fachbuchverlag Leipzig« izdala je već cijeli niz popularnih svezaka s područja nuklearne fizike. Dva takva sveska su i gore spomenute knjižice svaka sa po prilici 200 strana teksta, tvrdo uvezane i lijepo ilustrirane. U njima je autor Dipl. Phys. Dietmar Albert iscrpno obradio atome i atomske jezgre, lančanu reakciju te cijepanje i oslobađanje energije. Opisao je gradnju atomskog reaktora, problem fisionog materijala i konačno negativne posljedice tehničke upotrebe atomske energije, atomsku bombu i njezine opasnosti.

Uporedo s time prikazane su i pozitivne strane atomske energije i njezine primjene za mirnodopske svrhe.

Knjižice izlaze kao izdanja Politehničke biblioteke, koje uređuje Društvo za širenje znanstvenih dostignuća (Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse).

Red.

H. Hardung-Hardung: *Chancen in der Atomwirtschaft.* Econ Verlag GmbH, Düsseldorf, 1. izdanje 1958., 344 strane, tvrdi uvez. Cijena 16,80 DM.

Autor ove interesantne knjige o atomskoj privredi dr. Heimo Hardung-Hardung je relativno mlad učenjak (rođen je 1926. u Beču). Studirao je na Tehničkoj visokoj školi u Beču, te na sveučilištima u Aarhusu, Kopenhagenu, Stockholmu i Beču. Promovirao je 1950, a već je 1951. postao honorarni docent na Državnom zavodu za ispitivanje i naučni komentator austrijskog radija. Godine 1953. je zastupnik »Commercial Radioactivity Center«, a 1955. delegat na Atomskoj konferenciji Ujedinjenih naroda. Iste godine prelazi u Frankfurt na Maini. Kao autor knjige »Industrijska upotreba radioaktivnih izotopa«, te mnogobrojnih članaka u najznačajnijim atomskim časopisima postaje poznati publicista u Evropi i Americi. Njegova najnovija knjiga o atomskoj privredi i korištenju atomske anergije za mirnodopske svrhe otkriva nebrojene mogućnosti, koje se otvaraju čovječanstvu. Jasnim, svakom razumljivim jezikom, po sistematskom redu, daje knjiga opći pregled raznovrsnih primjena. Pojedini primjeri daju mogućnost svakome tko se bavi tim područjem, da odabere ono što ga najviše interesira.

Red.

Zbornik radova JUREMA 1961. Uredio M. Brezinšćak uz suradnju uredničkog odbora. Kserografirano izdanje Jureme, Zagreb, 1962; 399 strana formata A4, mnogo crteža. Cijena broširano 5.000 dinara.

U proljeće 1961. održan je u Zagrebu šesti, već tradicionalni svakogodišnji »Jugoslavenski seminar za mjerenje, regulaciju i automaciju« u okviru Elektrotehničkog društva Hrvatske, a paralelno sa seminarom i specijalizirana izložba »Jurema« na zagrebačkom Velesajmu. »Zbornik« objelodanjuje referate domaćih stručnjaka s područja djelatnosti seminara, te prijevode predavanja inozemnih referenata.

Prvi, opći dio »Zbornika«, sadrži kratke uvodne riječi predstavnika organa vlasti, znanstvenih ustanova, komora, udruženja, društava itd., a zatim se nižu predavanja o razvoju automatizacije s obzirom na nove ekonomske mjere (D. Čalić), o boljoj organizaciji primjene mjernih instrumenata u pogonima (F. Ćorlukić), o montaži, servisu i kadrovima u regulaciji (B. Gross), te o psihologiji, psihofiziološkim procesima i fiziološkim granicama podražaja (B. Sorokin, B. Stanuga, Z. Kekić).

Drugi dio Zbornika objavljuje predavanja s područja mjerne tehnike u pogonima i istraživačkim ustanovama: digitalne mjerne metode (V. Radeka), mjerne pogreške u mjeraču faznog pomaka (H. Babić), mjerenje kratkotrajnih pojava osciloskopom (S. Turk), višekanalni impulsni mjerni sistem (R. Petrović), galvanometarsko pojačalo (B. Leskovar), dinamička mjerenja i registriranje (J. R. Bönische), kvantni efekti pri mjerenju, regulaciji i stabilizaciji (R. Mutabžija), mjerenje reverzibilnih petlji histereze (M. Petrinović), kompenzacioni registrirajući instrumenat (D. Uran), integratori istosmjernih struja (M. Konrad), utjecaj žarenja na karakteristike elektronki (T. Rabuzin), automatsko mjerenje tragova plinova (H. Fuhrmann), analiza korisnosti kotla (M. Crlenjak), magnetska protočna mjerila (M. Đonlagić), mjerenje viskoznosti (J. Hoffmann), mjerenja u dojavnoj tehnici (G. Fukking), analiza buke (M. Vujnović) i mjerenje u industriji kabela (E. Fischer).

Treći dio Zbornika, koji obrađuje regulaciju i automatizaciju u raznim granama tehnike i nauke je najopsežniji, a sadrži: analizu dinamike valjaoničkih pogona (S. Bingulac i dr.), regulaciju kompresora (W. Lünow), regulaciju namatanja hladno valjane trake (P. Kokotović i dr.), zaštitu i kontrolu betadrona (A. Brinšek), stabilizaciju električne struje (J. Šnajder i dr.), upravljanje i regulaciju programskim karticama (O. Ramstetter), automatizaciju diskontinuiranih procesa (H. Schink), automatsku kontrolu štampanja tkanina (M. Černe), probleme regulacije u metalurgiji (G. Pressler) i regulaciju talioničkih peći (W. Taigner).

Posljednjih 12 predavanja obrađuje: pogon servomotora magnetskim pojačalima (P. Volkov), usmjerivače u reverziranim pogonima valjaonica i rudnika (I. Durbešić), tranzistorizirane (T. Šurina) i impulsne (K. Rožić) uređaje za upravljanje živinih usmjerivača, Motric-sistem (H. Bürklin), kapacitivni regulator razine (D. Dinić), regulaciju razine tekućina (H. Schink), tačno reguliranje temperature u laboratorijima (J. Hoffmann), regulaciju smjese plinova (M. Hrubik), automatizaciju postrojenja za razdvajanje tekućeg plina (H. Schink), kružni tok para-kondenzat (H. Bälz) i regulaciju energetskog nuklearnog reaktora (M. Nenadović).

Iz navedenih tema razabire se da »Zbornik« svojim velikim obimom (odgovara oko 800 strana normalnog formata) obuhvaća vrlo široko područje regulacione i mjerne tehnike te automatizacije niza grana tehnike, pa zato ovo djelo predstavlja značajan doprinos napretku naših mladih kadrova na tim područjima. Stoga ovaj »Zbornik« može biti od velike koristi kadrovima u industriji, školama i institutima te ga našim čitaocima toplo preporučamo.

Red.

STUDIJSKI, LABORATORIJSKI I MJERNI RADOVI INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU U GODINI 1961.

I OSNUTAK I RAZVOJ INSTITUTA

Elektrifikacija Jugoslavije, koja se počela ubrzanim tempom provoditi nakon 1945, našla se, pored izgradnje, pred problemima tehničke i ekonomske prirode, od kojih su neki bili specifični, domaći, za koje nisu postojala nikakva uzorna rješenja. U sistematskoj izgradnji zadaci se nisu mogli rješavati od slučaja do slučaja, već ih je trebalo obrađivati i studijski po nekom programu, u instituciji, koja se time stalno bavi. U tu je svrhu godine 1948. osnovan u Zagrebu ogranak Instituta za elektroprivredu Ministarstva elektroprivrede FNR Jugoslavije sa zadatkom, da se studijski bavi termotehničkim i privrednim pitanjima u vezi s elektrifikacijom zemlje. Rad toga institutskog ogranka razvio se tokom vremena i povećao, pa je početkom 1952. pretvoren u Institut za elektroprivredu, koji najprije posluje kao odjeljenje Generalne direkcije elektroprivrede NR Hrvatske, da već naredne godine postane samostalna ustanova. Za vrijeme svoga 10-godišnjeg rada kao samostalan zavod, Institut se afirmirao u jugoslavenskim razmjerima i pored stalne suradnje sa Zajednicom jugoslavenske elektroprivrede u Beogradu i Zajednicom elektroprivrednih poduzeća Hrvatske on je usko povezan s elektroindustrijom i s ostalom privredom s kojom surađuje pored elektroprivrede na području elektrotehnike i toplinskog gospodarstva.

II PROGRAM RADA

Zadaci Instituta formulirani su ukratko, kako slijedi:

a) da naučno obrađuje aktuelne probleme i razvoj elektroprivrede, pa u tu svrhu

— prikuplja, sređuje i proučava dokumentaciju o razvitku elektroprivrede;

— ispituje energetske baze i razvoj električnog konzuma, te razrađuje raspored uređaja za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije;

— rješava aktuelna pitanja za potrebe pogona i izgradnje elektroprivrednih postrojenja;

— surađuje na rješavanju problema domaće proizvodnje elektrotehničkog materijala;

b) da naučno-teoretski i eksperimentalno obrađuje toplinske probleme, napose:

— da proučava korištenje domaćih toplinskih izvora;

— da proučava razvoj i primjenu toplinskih procesa, postrojenja i materijala;

c) da vrši usluge državnim ustanovama, privrednim organizacijama i poduzećima iz područja svog djelovanja, i to:

— da izrađuje stručne tehničke i ekonomske elaborate;

— da vrši primopredajna, ispitna i kontrolna mjerenja;

— da savjetuje kod rješavanja elektroprivrednih i toplinskih problema u praksi;

d) da surađuje sa ličnim utanovama u zemlji i u inostranstvu i da prati naučno-istraživačku djelatnost, koja zasijeca u okvir njegovih zadataka;

e) da izdaje studijske elaborate i stručne podatke, te objavljuje rezultate svoga rada u periodičkoj ediciji.

U skladu s gornjim zadacima na polju elektroenergetike u Institutu se prvenstveno rješavaju elektroprivredni zadaci, među kojima su najvažniji studij elektroenergetskih sistema, energetskih osnova termoelektrana, hidroelektrana i nuklearnih elektrana, studij mreža visokog napona i razvodnih mreža, te proučavanje privrednih problema i statistike. Zadaci se nameću iz žive elektroprivredne problematike izrazito naglog razvoja jugoslavenske energetike, pa u mnogim slučajevima treba razvijati originalne metode obrade i pronalaziti ispravan pristup suštini zadataka.

Na polju toplinskog gospodarstva Institut u prvom redu rješava probleme toplinskog gospodarenja, racionalizacije topline, toplinskih procesa, termoenergetskog bilanciranja, obavlja toplinska mjerenja u pogonima, razvija tehniku toplinskih mjerenja i vrši ispitivanje u laboratoriju. Gotovo svi radni zadaci proizlaze iz neposrednih ili predstojećih potreba jugoslavenske termoenergetike koje katkad zahtijevaju smjela rješenja različita od poznatih klasičnih.

Studij elektrotehničke i toplinske opreme obavlja se u Institutu proučavanjem primjene osnovne opreme raznih izvedbi u elektroprivredi, toplinskim izvorima i potrošačima, izradom tehničkih uvjeta, prijedlozima standardizacije i tipizacije, predlaganjem propisa za materijal, opremu, ispitivanje, mjerenje, pogonsko uzdržavanje, itd. Izvanredan porast količine i izbora ugrađene opreme u Jugoslaviji uvjetuje da rješenja nabrojenih zadataka postaju sastavnim dijelom normalnog funkcioniranja energetskih postrojenja.

Ispitivanja u energetskim pogonima, mjerenja u institutskim laboratorijima i rad na razvoju uređaja zaokružuju djelatnost Instituta i predstavljaju svakodnevnu vezu između energetskih postrojenja na terenu, proizvođača, potrošača, državnih inspekcija i naučnih ustanova s jedne strane i Instituta s druge strane. Ovo djelovanje obuhvaća niz raznovrsnih radova od primopredajnih ispitivanja energetskih postrojenja do laboratorijskih atestiranja naprava, instrumenata, materijala i razvoja specijalnih uređaja.

III POSLOVANJE

U skladu s opisanim djelokrugom rada Institut prima narudžbe za poslove studijskog, laboratorijskog, mjerno-pogonskog i razvojnog značaja od privrednih i industrijskih naručitelja iz svih krajeva Jugoslavije, te od raznih državnih, društvenih ustanova, što se vidi iz samog Pregleda studijskih radova. Pri tom se primjenjuju dva načina ugovaranja. Prvi je u obliku dugoročnih okvirnih ugovora (pretežno petogodišnjih), gdje se Institut obavezuje da će stanovitu oblast problema obraditi u nizu studija, koje se vremenski i tematski nadovezuju jedna uz drugu. Unutar tog ugovornog perioda na taj način nastaju »stalne teme«, koje pružaju kompleksno i uvijek najnovije rješenje načelnih ili specijaliziranih problema. Time je ne samo postignut optimum korisnih studijskih istraživanja, nego su dugogodišnjim radom stečena i specifična iskustva u Jugoslaviji, zemlji s vrlo brzim razvojem industrije i energetike. Ta su iskustva povećana neprestanim kontaktima sa stranim uglednim inozemnim ustanovama, tako da Institut može uspješno rješavati sve zadatke iz ovog područja, a naročito za zemlje s naglim tehničkim razvojem.

Drugi način ugovaranja poslova klasičnog je tipa, a odnosi se na konkretan studijski zadatak, na mjerno ili laboratorijsko ispitivanje ili na razvoj nekog uređaja. Naručitelji takvih radova vrlo su različiti po svom karakteru, od tvornica, brodogradilišta, pa sve do manjih radionica.

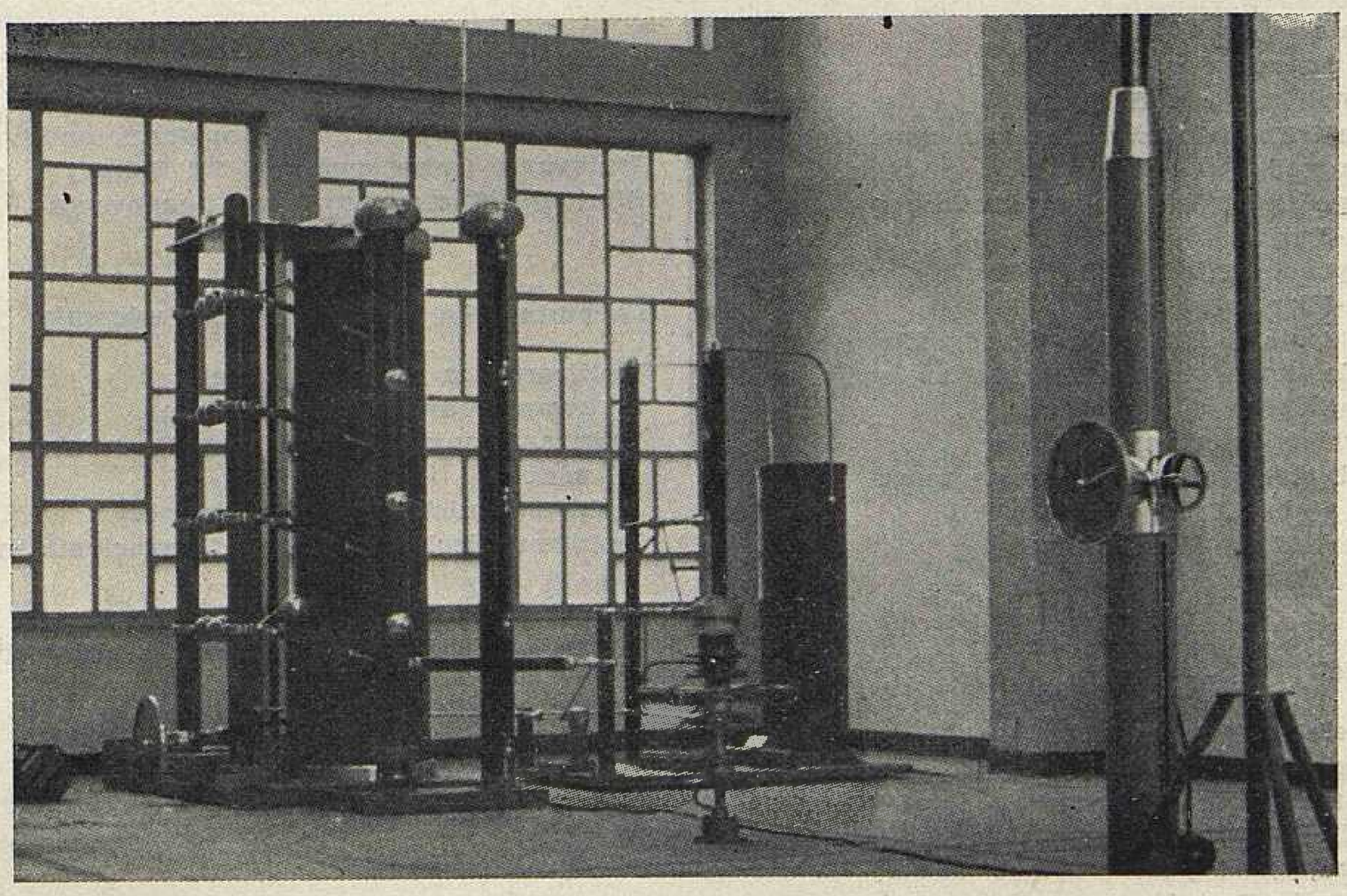
Ekonomsko-financijsku sliku za više godina poslovanja daje slijedeća tablica.

Godina	Službenici broj	Specifični bruto-produkt 1000 Din/službenik
1954	74	738
1955	90	688
1956	87	614
1957	86	788
1958	86	1030
1959	84	1580
1960	97	1670
1961	104	1650

Osnovu kadra čini tehničko osoblje sa slijedećom strukturom u godini 1961.

Inženjeri i diplomirani ekonomisti	34 %
Tehničari, crtači i kvalificirani radnici	36 %
Ostalo osoblje	30%

U daljnjem tekstu objavljujemo sažetke niza studijskih laboratorijskih, mjernih i razvojnih radova obavljenih godine 1961. Navedeni su samo veći radovi, a propušteno je mnoštvo sitnijih, ali nimalo manje važnih ispitnih radova na terenu i u laboratoriju, a isto tako i niz radova stručnjaka Instituta na domaćim i međunarodnim savjetovanjima, kongresima, konzultacijama, revizionim komisijama itd.



Dio visokonaponske hale

Pregled kratkih sadržaja

Elektroenergetski sistemi

Studijske podloge za razmjenu električne energije s Italijom
Energetska usporedba hidroelektrana Sklope, Rijeka i trećeg agregata HE Split
Paralelni rad transformatora koji ne ispunjavaju uvjete za paralelni rad
Aproksimacija dnevne krivulje trajanja opterećenja trima pravcima
Mogućnost izvoza i potrebe uvoza električne energije u Jugoslaviju od 1963—1966. godine
Vrijeme trajanja iskorištenja snage TE Plomin
Metoda za određivanje redoslijeda izgradnje elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije
Analize energetske vrijednosti hidroelektrana na Uni
Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (1962—1967)
Usmjeravanje studija, istražnih radova i izgradnje elektroenergetskih objekata na području NR Hrvatske
Energetsko korištenje akumulacije Buško Blato
Razvoj dijagrama i krivulja trajanja opterećenja u elektroenergetskim sistemima
Određivanje ekonomičnosti izgradnje toplane usporedbom s nadomjesnom termoelektranom
Katastar ugljena NR Hrvatske pri elektroprivredi
Prilog poboljšanju metode određivanja vrijednosti hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu

Opća energetika

Viškovi ugljena u Istri — baza nove termoelektrane varijanta »A«
Zemni plin u energetskoj privredi NR Hrvatske
Snabdijevanje energijom Tvornice glinice Obrovac
Optimalno korišćenje Termoelektrane Mostar
Viškovi ugljena u Istri — baza nove termoelektrane varijanta »B«
Katastar ugljena elektroprivrede FNR Jugoslavije

Mreže visokog napona

Ispitni vod Zrmanja
Pregled elektrana Jugoslavije
Kompenzacija jalovih snaga u Slavoniji
Kratki spoj u mreži 110 kV duž željezničke magistrale Jesenice-Zagreb-Beograd
Raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja u vodu 110 kV Vinodol-Senj
Raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja u vodu 220 kV Mraclin-Kidričevo
Proračun kratkog spoja u HE Senj (razrada II)
Proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u vodu 220 kV Split-Zagreb
Proračun nesimetrično opterećenih mreža
Upotreba računskih strojeva kod proračuna mreža
Prva faza pogona voda 220 kV Split-Zagreb
Perspektivna mreža 110 kV NR Hrvatske
Brzine vjetra na području NR Hrvatske

Distributivne mreže

Osnovno rješenje elektrifikacije Prigorja
Osnovno rješenje elektrifikacije općine Opatija
Energetsko opravdanje i izbor lokacije za novu TS 110/30 kV u zapadnom dijelu Zagreba
Osvrt na novi urbanistički plan i njegov utjecaj na daljnji razvoj mreže grada Zagreba

Termoenergetski sistemi

Izrada računala za ekonomsku raspodjelu opterećenja za rad dispečera
Izrada prijedloga tehničkih propisa o racionalizaciji korištenja i štednji toplotne energije
Perspektivni razvoj opskrbe toplinom grada Zagreba
Ispitivanje turboduvaljki u Željezari Sisak
Prikaz energetskog toka FNR Jugoslavije i NR Hrvatske za 1959.
Termoenergetska ispitivanja u TE Kakanj
Termoenergetska ispitivanja TE Kolubara
Energetska bilanca Željezare Sisak
Sanacija kondenznog gospodarstva u tvornici »Varteks«
Ispitivanje rashladnih tornjeva u TE Zagreb
Ispitivanje rashladnih strojeva u pogonu TE Jertovec
Ispitivanje kotla VII u TE Zenica
Ispitivanje kutnocijevnog kotla »Đuro Đaković« u tvornici »Emona« Zalog
Ispitivanje kotlova TPK u tvornici »Slavko Rodić«, Bugojno
Ispitivanje kotla TPK CVG 80 u SIV-u, Beograd
Studija o mehaničkim vibracijama rotacionih strojeva
Ispitivanje klima-uređaja na objektu BV1 Brioni
Ispitivanje dobave uzduha za pogon fermentacije teramicina u Tvornici »Pliva« Zagreb
Primopredajna ispitivanja turboagregata »Jugoturbina« — AEG u TE Kakanj
Primopredajna ispitivanja parnih kotlova br. 4 i 5 i turboagregata III i IV u TE Kolubara
Primopredajna ispitivanja elektrofiltera u TE Kakanj
Ispitivanja turbopumpe u TE Kakanj
Ispitivanja sadržaja kisika u napojnoj vodi broda T/T »Trud«
Ispitivanje filtera i kotla za otpadnu toplinu, te sadržaja prašine u plinovima iza nove topionice

Laboratorijska toplinska mjerenja

Izvještaj o ispitivanju električne akumulacione peći »Taracer«
Toplinske izolacije nuklearnih postrojenja
Toplinske izolacije dimnjaka u zgradarstvu
Ispitivanje hladnjače za brodski teret m/b »Jesenice«
Ispitivanje građevinskih objekata
Kontrola automatske i mjerne tehnike
Ispitivanje toplinskih izolacija
Ispitivanje dvoplamenog kuhala »Jug« Skopje

Elektrotehnička mjerenja u pogonima

Mjerenja na blindiranim transformatorskim stanicama
Ispitivanje turbogeneratora TE Kakanj
Mjerenje otpora uzemljenja i nulovanja

Laboratorijska elektrotehnička mjerenja

Ispitivanja za znak kvalitete
Ispitivanja odvodnika prenapona
Ispitivanja mjernih instrumenata, uređaja, releja i transformatora
Ispitivanje niskonaponskih sklopki
Ispitivanje izolatora, kabela i izolacionih materijala

Elektrotehnički razvojni radovi i elaborati

Razvoj encefalografa
Razvoj audiometra
Uređaj za ispitivanje releja
Selenski ispravljači

Elektrotehnički elaborati

(Laboratorij za visoki napon)

Nazivi i definicije za zaštitu i releje
Tipska razvodna ploča industrijske proizvodnje
Ispitne stanice velike snage
Ispitivanje rezerve u našem elektroenergetskom sistemu
Otklanjanje grešaka diferencijalne zaštite
Studij problema bezopasnosti pri radu s elektricitetom

Ekonomska pitanja i statistika

Statistika široke potrošnje po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske za razdoblje 1948. do 1960.

Statistički podaci za elektroprivredni godišnjak 1960.

Pregled i uspoređenje glavnih parametara elektroprivrede evropskih i sjeveroameričkih država

Izbor matematsko-statističkih metoda za iznalaženje trenda u proizvodnji i potrošnji električne energije za jugoslavenske odnose

Ekonomičnost primjene električne energije u kućanstvu, te elektrotermije i elektrokemije u specijalnoj velepotrošnji

Normiranje godišnjih troškova proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije

Tarifa i tarifni sistem s općim dobavnim uslovima kod jedinstvenih i nejedinstvenih cijena električne energije

Iznalaženje karakteristika elektroprivrednog razvoja

Izdavačka djelatnost Instituta

Elektroenergetski sistemi

Studijske podloge za razmjenu električne energije s Italijom

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. Božo Udovičić; dovršeno u prosincu 1961.

Na osnovu elaborata *Mogućnosti izvoza i potrebe uvoza električne energije u Jugoslaviju od 1963—1966. godine* izrađenog u Institutu za elektroprivredu, načinjena je studija o mogućnostima izvoza u Italiju i potrebama uvoza električne energije u Jugoslaviju. U navedenoj studiji razmatrane su mogućnosti izvoza za različite snage i za različite vremenske periode. Pored toga za sve mogućnosti izvoza i uvoza razrađena je struktura izvoza odnosno uvoza električne energije.

Opseg: 15 strana teksta i 35 tablica.

Energetska usporedba hidroelektrana Sklope, Rijeka i trećeg agregata HE Split

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u prosincu 1961.

U elaboratu je izvršena energetska usporedba između HE Sklope, HE Rijeka i trećeg agregata HE Splita za godinu 1966., za koju su obrađene prilike u elaboratu *Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije od 1962—1967.* izrađenom u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu. Usporedba je vršena za period od dvadeset hidroloških godina.

Opseg: 9 strana, 16 tablica, 19 slika.

Paralelni rad transformatora koji ne ispunjavaju uvjete za paralelni rad

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Josip Vuletić; dovršeno u rujnu 1961.

Razmatrani su uvjeti paralelnog rada dvaju ili više transformatora kada nisu ispunjeni uvjeti za paralelni rad i to kada su različiti prijenosni odnosi, naponi kratkog spoja i nominalne snage. Promatrane su mogućnosti rada za slučajeve kada nisu ispunjeni navedeni uvjeti ili više uvjeta zajedno.

Za sve slučajeve određivane su struje opterećenja kao i struje izjednačenja.

Opseg: 42 strane, 16 slika.

Aproksimacija dnevne krivulje trajanja opterećenja trima pravcima

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Božo Udovičić; dovršeno u rujnu 1961.

S obzirom na važnost poznavanja dnevnog dijagrama opterećenja za promatranje prilika u elektroenergetskom sistemu načinjen je navedeni elaborat da bi se čim bolje i tačnije odredile veličine sadržane u dnevnom dijagramu opterećenja. odnosno dnevnoj krivulji trajanja opterećenja. Veličine kao faktor opterećenja, faktor varijacije, maksimalno i minimalno opterećenje, trajanje velikih i malih opterećenja zavise u mnogome od aproksimacije dnevne krivulje trajanja opterećenja. U elaboratu je razrađena aproksimacija pomoću tri pravca i uspoređena s aproksimacijom pomoću Rossanderove krivulje. Isto tako je uspoređena aproksimacija dnevne krivulje trajanja među evropskim zemljama.

Opseg: 5 strana, 1 tablica i 75 slika.

Mogućnost izvoza i potrebe uvoza električne energije u Jugoslaviju od 1963—1966. godine

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u studenom 1961.

Razmotrena je mogućnost izvoza i uvoza u Jugoslaviju za period 1963—1966, za koji već postoji obrada prilika u okviru studije *Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 1962 do 1967* izrađene u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Na osnovu podataka iznesenih u toj studiji o potrebama, o stanju izgradnje i stupanju u pogon novih postrojenja i o mogućnostima zadovoljenja konzuma, u ovom je elaboratu razmotrena mogućnost izvoza (količine, struktura energije s obzirom na izvore, te sigurnost izvoza) te potrebe uvoza (količina i vjerojatnost). Sva razmatranja su provedena uz pretpostavku da se izvozi i uvozi 100, 200 odnosno 300 MW uz korištenje snage za izvoz i za uvoz od 730 sati/mjesec.

Opseg: 56 strana, 93 tablice, 72 slike.

Vrijeme trajanja iskorištenja snage TE Plomin

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u prosincu 1961.

Vrijeme trajanja iskorištenja snage promatrano je u elaboratu u dvije varijante za snage 125 MW, 150 MW i 160 MW. Kod varijanti iskorištenja snage određivano je mjesto TE Plomin u dijagramu opterećenja Jugoslavije u 1965. i 1966. Za prvu varijantu uzeto je da je TE Plomin niže u dijagramu opterećenja (veće vrijeme iskorištenja), a u drugoj varijanti da je TE Plomin u višem dijelu dijagrama opterećenja. Mjesto TE Plomin u dijagramu opterećenja određivano je obzirom na troškove goriva TE Plomin i ostalih planiranih i postojećih termoelektrana.

Opseg: 7 strana, 96 slika.

Metoda za određivanje redoslijeda izgradnje elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u veljači 1961.

Analiza redoslijeda izgradnje elektrana provedena je samo s obzirom na investicije, na sumu investicija i pogonskih

troškova, kao i na godišnje troškove. Kojemu od navedenih kriterija treba dati prednost ovisit će o ekonomskim uvjetima prilikom donošenja odluke o izgradnji elektrana.

Kod ovih razmatranja pošlo se od dviju osnovnih energetskih veličina: iskoristive snage hidroelektrane u kritičnom razdoblju i iskoristive energije hidroelektrane tokom godine, a iz tih podataka o smanjenju potreba izgradnje termoelektrana.

Opseg: 74 strane, 25 tablica, 75 slika.

Analiza energetske vrijednosti hidroelektrana na Uni

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u svibnju 1961.

Analizirane su energetske vrijednosti hidroelektrana na Uni, Sani i Uncu, na osnovu podataka »Energoinvesta« o srednjim mjesečnim protocima za razdoblje 1924—1930, 1934 do 1940, te od 1949—1957. Obrađene su karakteristike pojedinih hidroelektrana, njihove moguće proizvodnje pri različitim korištenjima voda, veličina izgradnje temeljnih i vršnih hidroelektrana, te je razmotren i utjecaj akumulacije.

Provedena analiza ukazuje na optimalni redoslijed izgradnje hidroelektrana s obzirom na njihovu energetsku vrijednost.

Opseg: 48 strana, 24 tablice, 42 slike.

Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (1962—1967)

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autori prof. dr ing. Hrvoje Požar i ing. Božo Udovičić; dovršeno u srpnju 1961.

U navedenom elaboratu analizirane su prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije na osnovu najnovijih predviđanja Zajednice jugoslavenske elektroprivrede kako potrošnje električne energije za promatrane godine, tako i rokova stavljanja u pogon pojedinih hidroelektrana i termoelektrana. Analiza je vršena isto kao i u elaboratu *Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 1961—1966.* napravljenom u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu 1960.

I u ovom su elaboratu za svaku godinu razmotrene potrebne snage termoelektrana, proizvodnja termoelektrana, angažiranost termoelektrana za pokrivanje varijabilnog opterećenja, prilike u godinama najveće proizvodnje termoelektrana, utjecaj minimalne proizvodnje termoelektrana, neiskorištena snaga hidrolektrana, preljevi u hidroelektranama, ukupne redukcije potrošnje, redukcije po grupama potrošača.

U zaključnom dijelu analizirana je eventualna potreba izgradnje daljnjih elektrana pored predviđenih za smanjenje, odnosno eliminiranje redukcija.

Opseg: 526 strana (tekst, tablice i prilozi).

Usmjeravanje studija, istražnih radova i izgradnje elektroenergetskih objekata na području NR Hrvatske

Narudžba Izvršnog vijeća NR Hrvatske, Sekretarijat za industriju, redaktor i autor prof. dr ing. Hrvoje Požar, suradnici: ing. Ivo Jamnicki, ing. Juraj Keglević, ing. Boris Markovčić, ing. Radoslav Planić, ing. Milan Šodan, ing. Slavko Tomić i ing. Božo Udovičić; dovršeno u srpnju 1961.

Elaborat je pokušaj da se spozna potreba izgradnje elektroenergetskih objekata na području NR Hrvatske na osnovu dokumentacije koja je razrađena u elektroprivrednim i ostalim energetskim organizacijama.

Pri razmatranju prilika i pri ocjenjivanju važnosti pojedinih objekata, te pri određivanju investicija za pojedine objekte, polazilo se sa tog stanovišta, da su se objekti gledali samo s obzirom na potrebe u NR Hrvatskoj a ne na potrebe u okviru FNR Jugoslavije. Zbog toga su investicije za pojedine objekte za zadovoljenje konzuma električne energije u Hrvatskoj sigurno veće od onih koje bi bile potrebne da se promatranje vršilo u okviru Jugoslavije.

U elaboratu se daje približan redoslijed izgradnje, koji daje orijentaciju na koje objekte treba računati i kojima treba posvetiti više pažnje u skoroj budućnosti da bi se zadovoljile potrebe u električnoj energiji.

Opseg: 135 strana, 30 tablica, 12 slika.

Energetsko korištenje akumulacije Buško Blato

Narudžba Dalmatinskih hidroelektrana Split, autor prof. dr ing. Hrvoje Požar; dovršeno u veljači 1931.

Svrha je elaborata da se prikaže vrijednost akumulacije kraških polja jugozapadne Bosne, među kojima je najznačajnija i najveća akumulacija Buško blato, zatim vrijednost HE Orlovac, koja bi koristila vode navedenih akumulacija na padu između Livanjskog i Sinjskog polja, te vrijednost utjecaja reguliranih voda kraških polja na hidroelektrane na Cetini (HE Split i HE Peruća).

Elaborat se osniva na hidrološkim podacima relativno kratkog razdoblja, pa nije bilo moguće odrediti utjecaj spomenutih postrojenja na elektroenergetski sistem Jugoslavije.

Opseg: 27 strana teksta, 89 tablica i 37 slika.

Razvoj dijagrama i krivulja trajanja opterećenja u elektroenergetskim sistemima

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Jerko Jerić; dovršeno u prosincu 1961.

Općenito je poznato, da u svim državama potrošnja električne energije raste neprekidno iz godine u godinu. To znači da je nužno u istom ritmu izgrađivati i proširivati odgovarajuća proizvodna, transportna i distributivna električna postrojenja, da bi se moglo udovoljiti odnosnoj rastućoj potražnji, što dosljedno znači također da se iz godine u godinu moraju ulagati nova novčana sredstva radi održavanja potrebne tehničko-ekonomske pravilne ravnoteže između potražnje i proizvodnje električne energije.

U ovom se elaboratu pokušalo obuhvatiti i ispitati dinamiku varijacija oblika dijagrama opterećenja u određenom vremenskom razdoblju prošlosti zadanog elektroenergetskog sistema, da bi se na odnosu rezultata takvih ispitivanja moglo zaključiti na njihov vjerojatni razvoj u budućnosti.

Opseg: 41 strana, 2 tablice i 10 slika.

Određivanje ekonomičnosti izgradnje Toplane usporedbom s nadomjesnom termoelektranom

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Juraj Keglević; dovršeno u ožujku 1962.

Iznesen je princip određivanja rentabiliteta izgradnje toplane prema sovjetskoj literaturi. Razmotrena je uloga toplane u elektroenergetskom sistemu i uspoređena s ulogom nadomjesne termoelektrane. Utvrđeno je da je ta uloga različita, što treba uzeti u obzir kod usporedbe toplane s nadomjesnom termoelektranom. Prikazana je metoda određivanja vrijednosti električne energije proizvedene u toplani u protutlačnom pogonu. Metoda određivanja vrijednosti protutlačno proizvedene električne energije, te određivanje rentabiliteta toplane prikazano je na praktičnom primjeru.

Opseg: 37 strana, 13 tablica, 6 slika.

Katastar ugljena NR Hrvatske pri elektroprivredi

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori ing. Ivo Jamnicki i ing. Juraj Keglević; dovršeno u siječnju 1962.

Obrađene su rezerve ugljena u NR Hrvatskoj sa stanjem 15. 3. 1961., kvalitet rezervi i energija u rezervama ugljena po vrstama ugljena, po istraženosti rezervi ugljena. Područje NR

Hrvatske podijeljeno je u 4 glavna bazena: Istra, sjeverozapadna Hrvatska, Slavonija i Dalmacija. Zatim je obrađena proizvodnja pojedinih vrsta ugljena 1959. i 1960, po sortimanima u pojedinim bazenima, kapacitet rudnika, kvalitet proizvedenog ugljena te raspodjela proizvedenog ugljena po vrstama potrošača. Obrađena je potrošnja ugljena u NR Hrvatskoj 1959. i 1960. po vrstama ugljena i grupama sortimana, ukupno i po grupama potrošača.

Pored toga katastar sadrži i podatke o predviđenom budućem razvoju proizvodnje i potrošnje ugljena u NR Hrvatskoj do 1980. po vrstama ugljena i po grupama potrošača. Načinjene su i predviđene bilance ugljena do 1980. Na temelju navedenih podataka određene su predvidive raspoložive količine ugljena za elektroprivredu do 1980.

Svi podaci i predviđanja opširno su komentirani i obrazloženi u tekstualnom dijelu katastra.

Podaci i predviđanja dani su tabelarno, a u orijentacionoj karti naznačeni su položaji rezervi ugljena i glavnih ugljenokopa u NR Hrvatskoj. Predviđanja razvoja proizvodnje ugljena, potrošnje i bilance prikazana su grafički u dijagramima.

Opseg: 131 strana, 109 tablica i 107 slika.

Prilog poboljšanju metode određivanja vrijednosti hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Juraj Keglević; dovršeno u veljači 1962.

Studija je pokušaj da se utvrdi mogućnost točnijeg određivanja vrijednosti hidroelektrane kod planiranja njezine izgradnje. Razmotrene su prilike i odnosi u elektroenergetskom sistemu kod uvođenja nove hidroelektrane u sistem i promjene tih prilika u slučaju uvođenja nadomjesne termoelektrane. Predložene su dvije metode točnijeg određivanja vrijednosti hidroelektrane, čiju bi prikladnost trebalo praktički ispitati.

Opseg: 23 strane, 6 slika.

Opća energetika

Viškovi ugljena u Istri — baza nove termoelektrane varijanta »A«

(Korišćenje viškova samo za proizvodnju električne energije)

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. I. Jamnicki, suradnici ing. R. Golubović, ing. M. Sever, ing. Lj. Matjan, ing. M. Šimunić, prof. D. Šikić, ing. J. Smokvina, ing. S. Tomić, ing. I. Janić, ing. M. Šodan, ing. A. Gasparini; dovršeno u siječnju 1961.

Prikazane su rezerve, proizvodnja i potrošnja istarskog ugljena. Navedeni su faktori koji će utjecati na razvoj buduće proizvodnje i potrošnje, te utvrđeni viškovi proizvodnje nad potražnjom koje se mora očekivati u bližoj i daljoj budućnosti. Prikazuje se elektro-energetski razvoj Istre i ukazuje na mogućnosti upotrebe predvidivih budućih viškova sitnog ugljena. Analizira se veličina i lokacija nove termoelektrane u slučaju kad bi se svi predvidivi viškovi koristili isključivo za proizvodnju električne energije i utvrđuje Plominska uvala kao najbolja lokacija. Daje se opis i karakteristike Plominske uvale. Navodi se prikaz rješenja i pogona, troškovi izgradnje i pogona, te analiza energetske i ekonomske opravdanosti podizanja termoelektrane koja bi sve viškove istarskog ugljena pretvorila u električnu energiju.

Elaborat ima posebnu knjigu priloga s proračunima, dijagramima, shemama i nacrtima te knjigu aneksnih studija u kojoj su obrađeni:

1. Hidro-geološke osnove Plominskog bazena;
2. Opskrba vodom industrije i osposobljavanje luke u Plominu;
3. Značaj podizanja TE Plomin za elektroenergetski sistem;
4. Uklapanje TE Plomin u mrežu Istre;
5. Raški ugljen, njegova svojstva i primjena.

Elaborat dokazuje da treba izgraditi termoelektranu koja bi cjelokupni predvidi višak od godišnje 300 ktona pretvorila u cca 700 GWh/god električne energije za mrežu Istre, ako ne dođe do postavljanja Kemijskog kombinata.

Opseg 327 strana; aneksne studije 115 strana, 13 nacrta; prilozi 79 strana, 11 nacrta.

Zemni plin u energetskoj privredi NR Hrvatske

Narudžba Sekretarijata za industriju NR Hrvatske, preko Instituta za naftu, Zagreb, autor ing. I. Jamnicki, suradnici ing. J. Lucati, ing. V. Boranić, tehn. D. Suppe; dovršeno u ožujku 1962.

Prikazuje se energetska situacija NR Hrvatske, njezin predvidi razvoj, značaj zemnog plina i njegovo optimalno korišćenje.

U prikazu energetske situacije iznose se energetski izvori NR Hrvatske, te današnja i predvidiva buduća potrošnja energije u NR Hrvatskoj, u ovisnosti od razvoja narodnog dohotka. Ukazuje se na siromaštvo vlastitih izvora i navode osnovne smjernice za osiguranje ekonomičnog podmirenja potražnje energije. U okviru ovih daje se prijedlog budućeg razvoja uključivo uvoza energije i njezine dobave nuklearnim putem.

U prikazu značaja zemnog plina ukazuje se na njegovu današnju malu ulogu u energetici NR Hrvatske i navode faktori i smjernice za njegovo optimalno korišćenje. Na osnovu ovih daje se prijedlog raspodjele plina na domaćinstva, komunalnu potrošnju, industrijske parne kotlove i peći, te za njegovu kemijsku preradu. Ekonomija energetske upotrebe plina navodi se u usporedbi s upotrebom drugih goriva te električne energije, i to u cjelini i pri korišćenju u pojedinim sektorima potrošnje. U okviru ekonomije iznose se i potrebne investicije, te vrijednost plina na izvoru kao i vrijednost za pojedine sektore potrošnje.

U aneksnoj studiji detaljno se analizira energetska i ekonomska korist od upotrebe plina u pojedinim sektorima potrošnje.

Opseg: 66 strana, aneks 64 strane, 10 dijagrama i nacrta.

Snabdijevanje energijom tvornice glinice Obrovac

Narudžba Sekretarijata za industriju NR Hrvatske, autor ing. I. Jamnicki, suradnik ing. A. Fuderer; dovršeno u ožujku 1961.

Elaborat se sastoji iz osnovnog elaborata, priloga i dodatka.

U osnovnom elaboratu prikazuju se osnovni podaci o radu i potrebi topline i električne energije tvornice, koja bi dalmatinske boksite pretvarala u glinicu, pri lokaciji u blizini Obrovca, uz godišnji kapacitet proizvodnje glinice od 100 ktona, a uz raščinjanje boksita u autoklavama pri temperaturi 200 C. Navode se faktori koji usmjeravaju rješenje i utvrđuje se optimalno rješenje snabdijevanja toplinom i električnom energijom, s podacima o opremi, investicijama, pogonu, godišnjim troškovima, te cijeni topline i električne energije dobavljene tvornici glinice.

U prilogu se daje shema s tokom energije i osnovni proračuni.

U dodatku se navode osnovna rješenja, pregled instalacija, investicije te godišnji troškovi i cijene, ako se boksit raščinjava kod 220° C i to za kapacitete proizvodnje glinice od

A) 100 kt/god;
B) 50 kt/god uz predviđanje proširenja na 100 kt/god;
C) 50 kt/god bez predviđanja proširenja.

Potrošnja energije tvornice glinice uzeta je prema kalkulacijama Instituta za lake metale Zagreb.

Opseg: 59 strana, prilog 7 strana i 1 shema, dodatak 35 strana i 3 sheme.

Optimalno korišćenje termoelektrane Mostar

Narudžba Elektro-Mostara, Mostar; autor ing. I. Jamnicki; dovršeno u kolovozu 1961.

U studiji se razmatra kako bi se ekonomski mogla koristiti postojeća termoelektrana Mostar, koja zbog male snage agregata, te niskog tlaka pregrijanja pare više ne može ekonomično služiti za osnovnu proizvodnju električne energije. Na temelju analiza o predviđenom razvoju grada Mostara i vrijednosti dobave električne energije u vrijeme povremenih manjaka u mreži, utvrđuje se da bi se TE Mostar mogla korisno upotrebiti kao toplana, koja bi snabdijevala toplinom sjeverozapadno područje Mostara, a ujedno dobavljala dopunsku električnu energiju u vrijeme njenog manjka u zemaljskoj električnoj mreži. Utvrđuju se za to potrebne investicije i godišnji troškovi te ekonomija rada po predloženom rješenju.

Opseg: 116 strana, 2 nacrta.

Viškovi ugljena u Istri — baza nove termoelektrane varijanta »B«

(Korišćenje viškova za elektranu i Kemijski kombinat)

Narudžba Istarskih ugljenokopa Raša, autor ing. I. Jamnicki, suradnici ing. M. Horvatić, ing. N. Šoštarić, ing. D. Hankony, ing. Lj. Matjan, ing. M. Šimunić; dovršeno u srpnju 1961.

Studija prikazuje optimalno korišćenje predvidivih viškova proizvodnje raškog ugljena nad njegovom potražnjom ako se na bazi tih viškova izgradi Kemijski kombinat u kojemu bi se proizvodila kompleksna dušično-fosforna gnojiva, karbamid i dušična kiselina. Dolazi se do zaključka da bi trebalo izgraditi termoelektranu koja bi iz viškova sitnog ugljena od cca 200 ktona godišnje proizvodila paru za Kemijski kombinat i oko 400 GWh električne energije za mrežu Istre, djelomično u protutlačnom, a djelomično u kondenzacionom pogonu.

Osnovni elaborat djelomično je identičan s elaboratom u kojem se ne bi postavio Kemijski kombinat, te bi se cjelokupni višak od 300 ktona godišnje upotrijebio za proizvodnju električne energije.

Studija ima posebni prilog s proračunima, dijagramima, shemama i nacrtima, te aneksnu studiju s podacima o Kemijskom kombinatu i njegovom snabdijevanju energijom, ako se ne bi postavljala elektrana za iskorišćivanje preostalog viška ugljena.

Opseg: 352 strane, aneks o kombinatu 68 strana i 4 nacrta, prilozi 28 strana i 7 nacrta.

Katastar ugljena elektroprivrede FNR Jugoslavije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. I. Jamnicki, suradnik ing. J. Keglević, prelazi u narednu godinu.

Katastar ugljena elektroprivrede FNRJ izrađuje se u okviru utvrđivanja energetskih osnova termoelektrana. U katastru se po pojedinim narodnim republikama i ugljenim bazenima prikazuju geološke, bilančne i komercijalne, sigurne i vjerojatne rezerve kamenog, mrkog i lignitnog ugljena, tekuća eksploatacija, predviđanje buduće eksploatacije i potražnje ugljena po sektorima: industrija, domaćinstvo i komunal, saobraćaj te ostali potrošači. Iz raspoloživih rezerva i razlike predviđene proizvodnje i potražnje navedenih sektora, utvrđuje se količina raspoloživa za elektroprivredu. Ona se uspoređuje s potrebama elektroprivrede i utvrđuju se viškovi odnosno manjak za čije pokriće treba poduzeti pripadne mjere. Za prikazivanje katastarskih podataka izrađeni su jedinstveni obrasci koji se ispunjavaju kod republičkih zajednica elektroprivrede.

Stanje izrade: Do kraja 1961. izrađeni su kompletni katastri ugljena za NR Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju i Makedoniju, dok su za NR BiH i Crnu Goru dobiveni samo djelomični podaci. Zbirni podaci za cijelu FNRJ izrađeni su u 1961. samo za rezerve i tekuću proizvodnju ugljena.

Mreže visokog napona

Ispitni vod Zrmanja

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Ranko Škarica, dovršeno u prosincu 1961.

Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske izgradila je na Zrmanji krajem 1958. ispitni vod za napon 220 kV. Mjerenja i promatranja vršena su kroz dvije sezone, sa svrhom da se sakupe podaci potrebni za dimenzioniranje voda HE Split–Mraclin. Vršena su meteorološka opažanja i opažanja o ponašanju voda i vodiča različitih konstrukcija pod različitim uvjetima montaže.

Tokom rada ove stanice sakupljeno je dosta materijala automatskom registracijom instrumenata i u dnevniku motritelja. U elaboratu je sav taj materijal sređen, sistematiziran i kritički obrađen.

Na kraju su stvoreni zaključci u pogledu udaraca vjetra, zaleđivanja, otklona, plesanja i vibracija vodiča, o utjecaju različitih tipova prigušivača, ponašanju snopa vodiča u usporedbi s pojedinačnim vodičem, o utjecaju distantnih komada u snopu i postojanost različitih vrsta boje na stupove.

Opseg: 22 strane, 31 tablica, 15 crteža.

Pregled elektrana Jugoslavije

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u prosincu 1961.

Kod projektiranja mreže i računanja kratkog spoja potrebni su osnovni podaci o strojevima u elektranama. Da podaci budu sređeni i sakupljeni na jednom mjestu, izrađen je ovaj pregled za sve veće hidroelektrane i termoelektrane Jugoslavije.

Za svaku su elektranu dani podaci o stvarnoj i instaliranoj snazi, o osnovnim parametrima pogonskih strojeva, te o karakteristikama generatora uključujući, gdje god je to bilo moguće, podatke o reaktancijama.

Opseg: 9 tablica.

Kompenzacija jalovih snaga u Slavoniji

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u studenom 1961.

Periferni položaj mreže 110 kV u Slavoniji u jugoslavenskom elektroenergetskom sistemu s jedne strane i mali broj elektroenergetskih izvora s druge strane doveli su do vrlo loših naponskih i pogonskih prilika u području Slavonije te je neophodna kompenzacija jalovih snaga.

U elaboratu su na temelju sakupljene dokumentacije proanalizirane postojeće prilike u mreži 110 kV i 30 kV i prilike koje će nastati predviđenim porastom konzuma. Analiza prilika u budućnosti provedena je na temelju niza mjerenja na modelu mreže, uzimajući kod toga u obzir i mrežu 110 kV sjeveroistočne Bosne.

Navedenim analizama dobiven je uvid u razvoj potreba jalove snage i naponskih prilika, te su prema tome predviđene snage i lokacije kompenzatorskih baterija u stanicama 110/30 kV na strani 30 kV i u stanicama 30/10 kV na strani 10 kV.

Konkretni prijedlog snage kompenzacije dan je do 1965. u etapama po godinama, a do 1970. orijentaciono.

Utvrđeno je kao hitno i neophodno, da se u 1. etapi ugradi po 6 MVA u stanicama 110 kV u Osijeku i Sl. Brodu i oko 6 MVA u većim stanicama 30/10 kV.

Opseg: 27 strana, 2 tablice, 12 crteža, prilog analizatorska mjerenja (61 list).

Kratki spoj u mreži 110 kV duž željezničke magistrale Jesenice—Zagreb—Beograd

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u svibnju 1961.

S obzirom na projekt elektrifikacije naših željezničkih pruga izmjeničnim naponom 25 kV, 50 Hz, u elaboratu je obrađeno određivanje minimalnih snaga početnog tropolnog kratkog spoja u elektroprivrednim stanicama 110/35 kV, za koje se predviđa, da će u 1965. poslužiti za napajanje elektrovučnih podstanica na željezničkoj magistrali Jesenice–Zagreb –Beograd. Poznavanje navedenih rezultata neophodno je potrebno kod određivanja načina priključka EVP-a na elektroprivrednu mrežu (110 ili 35 odn. 30 kV), kod izbora i tipizacije opreme za EVP-e, kao i kod kontrole najvećih nesimetrija napona u elektroprivrednoj mreži, izazvanih nesimetričnošću i udarcima potrošača, priključenih preko EVP-a na elektroprivredni sistem.

Tom prilikom ispitivana je konfiguracija mreže, koju je na prijedlog ovog Instituta načelno usvojio stručni savjet JUGEL-a za godinu 1965. s tim, da su uzete u obzir i naknadne odluke o skraćenju rokova za dovršenje hidroelektrana Senj i Bajina Bašta. Uvrštenja generatora varirana su u toku ispitivanja prema podacima iz navedene studije Instituta, tako da je ispitano ukupno 10 karakterističnih stanja. Osim toga ispitan je i utjecaj ispada pojedinih vodova 110 kV na iznos minimalnih snaga kratkog spoja u pojedinim čvorištima 110 kV.

Na temelju rezultata dobivenih ispitivanjem mreže na modelu, utvrđeno je u ovom elaboratu: da za napajanje EVP-a dolazi u prvom redu u obzir priključak na naponu 110 kV, da bi bilo korisno, s obzirom na dosta velike udaljenosti između čvorišta 220 kV u godini 1965., razmotriti nesekcionirani pogon mreže 110 kV, te da 100 %-tnu rezervu u napajanju EVP-a, kako to inače zahtijevaju željeznice, neće biti moguće uvijek postići bez pojačanja mreže 110 kV iznad potreba elektroprivrede.

S obzirom da su ispitivanja vršena na modelu mreže, zadatak je u toku rada proširen, te su snage početnih kratkih spojeva izmjerene i u postojećim postrojenjima 110 kV, duž budućih elektrificiranih pruga Zagreb–Rijeka i Vrpolje–Sarajevo–Ploče.

Opseg: 15 strana, 34 stablice, 40 slika.

Raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja u vodu 110 kV Vinodol—Senj

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u svibnju 1961.

U vezi izrade projekta za poboljšanje prilika uzemljenja stupova na postojećem vodu 110 kV Vinodol–Senj putem montaže zaštitnog užeta izračunana je i prikazana tražena raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja za razna mjesta kvara na spomenutom vodu i stanje mreže koje se očekuje u godini 1965.

Opseg: 1 strana teksta, 3 slike.

Raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja u vodu 220 kV Mraclin—Kidričevo

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u svibnju 1961.

Za potrebe izrade glavnog projekta voda 220 kV Mraclin–Kidričevo, kao i radi dobivanja potrebnih suglasnosti za gradnju spomenutog voda izračunana je i prikazana raspodjela struja početnog jednopolnog kratkog spoja za razna mjesta kvara na spomenutom vodu i stanje mreže, koje se očekuje u godini 1965.

Opseg: 1 strana, 1 slika.

Proračun kratkog spoja u HE Senj (razrada II)

Narudžba Hidroelektrane Senj, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u rujnu 1961.

S obzirom na promjene, do kojih je u toku godine 1961. došlo u osnovnoj shemi HE Senj, ponovno je proračunan kratki spoj u navedenoj elektrani. Proračun je izvršen uz nove uvjete, jedanput uvažujući utjecaj mreže 110 i 220 kV Jugoslavije prema stanju koje se očekuje u godini 1975, a drugi put uz pretpostavku, da će rasklopna snaga na sabirnicama 220 kV u HE Senj porasti na 5.000 MVA uslijed povezivanja s mrežom 220 kV Italije. Rezultati su dani tabelarno naponskim nivoima u elektrani, za početni, prijelazni i trajni, tropolni i jednopolni kratki spoj.

Opseg: 37 strana, 2 tablice.

Proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u vodu 220 kV Split—Zagreb

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u listopadu 1961.

Određena je raspodjela struja početnog i trajnog jednopolnog kratkog spoja u vodičima veze 220 kV Split–Zagreb, i to za različita mjesta kvara duž trase spomenute veze i stanje mreže koje se očekuje u godini 1965. Budući da će vodovi spomenute veze biti uvedeni u rasklopno postrojenje 220 kV u Brinju, to su i rezultati u ovom elaboratu dani posebno za dionicu (vod 220 kV) Mraclin (Zagreb) – RP Brinje s vodičima 3 x 2 x 240/40 Ač, a posebno za dionicu (vod 220 kV) RP Brinje – HE Split s vodičima 3 x 360/57 Ač.

Opseg: 15 strana, 8 tablica, 9 slika.

Proračun nesimetrično opterećenih mreža

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u prosincu 1961.

Primjena egzaktnih postupaka za proračun nesimetrično opterećenih trofaznih mreža bitno produžava i poskupljuje idejna rješenja planiranih mreža visokog napona. Prema optimističkim predviđanjima, na kraći i srednji rok, jednofazna opterećenja za elektrifikaciju naše željezničke vuče neće prelaziti 2,5 % po energiji odn. 3,5 % po snazi, od ukupnih potreba sistema. Stoga se predlaže računsko simetriranje jednofaznih opterećenja, koje omogućava primjenu za proračun simetrično opterećenih balansiranih sistema. Priloženi aproksimativni postupak za proračun naših mreža visokog napona bitno skraćuje i pojeftinjuje idejna rješenja, a da s obzirom na točnost predviđanja budućih potreba pri tom ne utječe na smanjenje točnosti potrebnih rezultata.

Opseg: 26 strana, 1 slika.

Upotreba računskih strojeva kod proračuna mreža

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u prosincu 1961.

Općenito su prikazani računski strojevi koji rade na analognom i digitalnom principu. Uz kratki povijesni prikaz razvoja, ukratko su opisane i njihove glavne podvrste. Opširnije su prikazana načela rada pojedinih uređaja digitalnih strojeva, te su navedene najznačajnije dosadašnje njihove izvedbe u svijetu. Pored toga opisana je upotreba potpuno automatiziranog elektronskog digitalnog računskog stroja »Sie-

mens 2002« za proračun raspodjele simetričnih opterećenja i napona u stacionarnom pogonu, te struje dvopolnog kratkog spoja u balansiranim električkim mrežama.

Opseg: 26 strana, 1 tablica, 3 slike.

Prva faza pogona voda 220 kV Split—Zagreb

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Miroslav Jung; dovršeno u prosincu 1961.

Zbog vremenskog razmaka između puštanja u pogon drugog agregata u HE Split i transformatora u TS Mraclin, radio je vod 220 kV Split–Zagreb u mjesecu prosincu godine 1961. s naponom 110 kV. Prilike kod prijenosa u prvoj fazi pogona, pod navedenim okolnostima, ilustrirane su pomoću dijagrama. Neposredno pred puštanjem voda u pogon izmjerene su konstante voda, sniženim i nazivnim naponom. Rezultati tih mjerenja prikazani su u elaboratu.

Opseg: 41 strana, 14 slika.

Perspektivna mreža 110 kV NR Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Boris Markovčić; dovršeno u listopadu 1961.

Elaborat je rađen prema projektnom zadatku naručioca uzimajući kao osnovu razrade okvirni konzum i nove elektrane prema elaboratu *Superponirana mreža Jugoslavije* (Institut za elektroprivredu, Zagreb) i prijedlogu naručioca.

Razrada je vršena detaljno za 1962, 1963, 1964 i 1965, a orijentaciono za 1967. i 1970.

Najprije su u elaboratu sakupljeni i sređeni podaci o potrošnji ranijih godina utvrđeno postojeće stanje, kako bi se stvorila čvrsta osnova za planiranje i projektiranje mreže.

Zatim je prognozirana buduća potrošnja za spomenute godine. Ovo je učinjeno za republiku u cjelini i posebno za 19 područja, na koliko je podijeljen teritorij NR Hrvatske.

Prema konzumu i njegovoj lokaciji obrađene su transformatorske stanice 110/35 kV, kao potrošačke točke mreže 110 kV.

Oblikovanje i prijedlog konfiguracije perspektivne mreže 110 kV bio je osnovni zadatak cijelog rada. Pojedine varijante mreže provjeravane su i ispitivane na modelu mreže uz različite pogonske kombinacije u normalnom stanju i u kvaru. Ispitivanja na modelu mreže vršena su na mrežnom analizatoru u Institutu »Nikola Tesla« u Beogradu.

Premda mreža 220 kV nije bila predmet obrade, ipak je puna pažnja posvećena studiji stabilitetnih prilika na vodu Split–Mraclin u prvoj fazi rada tj. dok još neće biti povezan s ostalom jugoslavenskom mrežom 220 kV. Problem stabiliteta rješavan je također uz suradnju Instituta »Nikola Tesla« u Beogradu.

Na koncu elaborata dan je pregled novih objekata mreže 110 kV s aproksimativnim financijskim sredstvima potrebnima u promatranom razdoblju.

Opseg: 147 strana, 95 tablica, 46 crteža, 3 knjige dokumentacije (analizatorska mjerenja).

Brzine vjetra na području NR Hrvatske

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori prof. B. Kirigin, N. Labović; dovršeno u listopadu 1961.

U okviru radova za 1960. sakupljeni su meteorološki podaci o brzinama vjetra na teritoriju NR Hrvatske u Beaufortima. U ovom pak radu obrađene su metode i konstruirane krivulje za pretvaranje brzina vjetra u Beaufortima u brzine u m/sek, kako bi se podaci mogli koristiti kod projektiranja dalekovoda.

Na temelju registracija anemografa u 8 meteoroloških stanica utvrđeni su odnosi brzina u Beaufortima i srednjih maksimalnih udara vjetra u m/sek. S obzirom na karakteristike tog odnosa teritorij NR Hrvatske podijeljen je na četiri područja i to: Dalmaciju, Istru i Hrv. Primorje, Gorski Kotar i Liku te kontinentalno područje.

Za svako od ta četiri područja konstruirana je posebna krivulja za dobivanje srednjih maksimalnih udara vjetra. Na kraju je dana karta NR Hrvatske s razdiobom na područja osnovnih pritisaka vjetra.

Opseg: 28 strana, 21 crtež.

Distributivne mreže

Osnovno rješenje elektrifikacije Prigorja

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Ivan Janić, dovršeno u lipnju 1961.

Svrha je elaborata da se dadu načelne smjernice za elektrifikaciju Prigorja, koje obuhvaća područje kotara Križevci i vanjske općine kotara Zagreb.

Rješenje je dano za potpunu elektrifikaciju cijelog područja, s etapnom provedbom.

Najprije je analiziran razvoj elektrifikacije i konzuma, zatim je prikazano sadašnje stanje električne mreže i konzuma. Nadalje je analiziran budući konzum za narednih 30 godina, za 265.000 stanovnika i 68.300 kućanstava.

Analizom je dobiveno vršno opterećenje od 77.400 kW i potrošnja električne energije od 326,500.000 kWh. Ovome odgovara prosječni godišnji eksponencijalni prirast od 7,6 % za vršno opterećenje, odnosno 7,8 % za potrošnju električne energije.

Rješenje perspektivne visokonaponske mreže uzima u obzir i buduće izvore električne energije: TS 220/110 kV Mraclin, Toplanu Zagreb II, dravske elektrane na sektoru Ormož–Botovo i sadašnju TE Jertovec.

Osim sadašnjih transformatorskih stanica 110/30 kV Rakitje i Resnik predviđa se i nova TS 110/30 kV Križevci 2 x 20 MVA.

Predviđa se izgradnja slijedećih vodova 110 kV: TS 220 Mraclin–TS 110 Rakitje (40 km), TS 110 Bjelovar–TS 110 Križevci (28 km) i HE Đelekovec – TS 110 Križevci (36 km).

Ukupno se predviđa 16 transformatorskih stanica 30/10 kV i 643 distributivne transformatorske stanice 10/0,4 kV. Ukupna duljina 30 kV vodova iznosi 182 km, a vodova 10 kV 925 km.

Ukupni troškovi za izgradnju visokonaponske mreže Prigorja iznose oko 4,842 milijarde dinara.

Opseg: 63 strane, 57 tablica, 64 grafička prikaza.

Osnovno rješenje elektrifikacije općine Opatija

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Ivan Janić, dovršeno u studenom 1961.

Svrha je elaborata da se dadu načelne smjernice za elektrifikaciju općine Opatije i dijela riječke općine Zamet, koji gravitira na promatranu mrežu, ukupne površine 500 km^2.

Rješenje je dano za potpunu elektrifikaciju cijelog područja, s etapnom provedbom.

Najprije je analiziran razvoj elektrifikacije i konzuma, te prikazano sadašnje stanje visokonaponske mreže. Nadalje je analiziran budući konzum za narednih 30 godina, za cca 47.000 stanovnika i 14.100 kućanstava.

Analizom je dobiveno vršno opterećenje od 26 MW, i potrošnja električne energije od 95,600.000 kWh. Ovome odgovara prosječni godišnji eksponencijalni prirast od 7,4% za vršno opterećenje, a 7,7% za potrošnju električne energije.

Kao glavni izvor električne energije predviđa se postojeća TS 110/30 kV Matulji, s dva transformatora po 31,5 MVA.

Ukupno se predviđa 6 transformatorskih stanica 30/10 kV i 170 distributivnih transformatorskih stanica 10/0,4 kV. Ukupna duljina vodova 30 kV iznosi 40 km i 120 km nadzemnih distributivnih vodova 10 kV.

Opseg: 28 strana, 8 tablica, 9 grafičkih prikaza.

Energetsko opravdanje i izbor lokacije za novu TS 110/30 kV u zapadnom dijelu Zagreba

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Štengl; dovršeno u siječnju 1961.

Obrađuje se energetsko opravdanje i izbor lokacije za novu TS 110/30 kV u zapadnom dijelu Zagreba, gdje postojeći način napajanja i opseg mreže 30 kV više ne zadovoljava zahtjevima urednog snabdijevanja potrošača energijom.

Uz prikaz postojećeg stanja mreže 30 kV i energetske situacije u zapadnom dijelu Zagreba, analiziran je i razvoj konzuma za idućih tri do pet godina, uzimajući u obzir samo najavljeni razvoj grada i izgradnju industrije u tom periodu. Dobiven je porast konzuma od oko 9,7% godišnje, što leži u okviru dosadašnje tendencije razvoja tokom posljednjih 10 godina. Ukupno vršno opterećenje zapadnog dijela grada doseći će u tom periodu oko 69 MW. S obzirom na situaciju u postojećoj mreži i raspored postojećih pojnih točaka gradske mreže ovakav porast konzuma zahtijeva izgradnju nove TS 110/30 kV za zapadni dio Zagreba.

Izbor lokacije ove transformatorske stanice opravdava se ranije usvojenom koncepcijom razvoja mreže grada Zagreba (*Razvoj mreže Zagreba,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1957) i uvažavanjem novih okolnosti, koje su nastupile izmjenom urbanističke koncepcije o razvoju i konačnoj veličini Zagreba.

Usporedbom boniteta raznih lokacija na bazi troškova izgradnje mreže 110 kV i 30 kV pokazano je, da je najpovoljnija lokacija stanice u sklopu Termoelektrane I, i to, kako po troškovima izgradnje u I etapi, tako i po troškovima u konačnoj izgradnji.

Opseg: 41 strana teksta, 6 tablica, 10 grafičkih prikaza.

Osvrt na novi urbanistički plan i njegov utjecaj na daljnji razvoj mreže Zagreba

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Vladimir Štengl; dovršeno u siječnju 1961.

Godine 1957. izrađeno je u Institutu za elektroprivredu osnovno rješenje perspektivnog razvoja mreže grada Zagreba, koje je bilo predmet više studija i elaborata, i po kojem se mreža grada Zagreba uglavnom razvijala od tog vremena do danas. To rješenje mreže izrađeno je na osnovu tada važeće urbanističke koncepcije razvoja Zagreba iz godine 1954, po kojoj je bila predviđena maksimalna veličina Zagreba sa oko 600.000 stanovnika. U međuvremenu od izrade tih elaborata na ovamo pristupio je Gradski urbanistički zavod razradi novog urbanističkog plana, s izmijenjenom koncepcijom konačne veličine Zagreba, tako da se po novom planu predviđa na užem gradskom području oko 1,000.000 stanovnika.

Takva promjena urbanističke koncepcije razvoja grada nesumnjivo će se odraziti i u razvoju elektroenergetske mreže, novim zahtjevima, kako u pogledu snabdijevanja grada energijom, tako i u pogledu distribucije energije u gradu.

U ovom kratkom elaboratu nastojalo se upozoriti na opseg prometa i na posljedice za daljnji razvoj gradske mreže, a isto tako i na potrebu, da se pristupi reviziji osnovnog rješenja mreže iz godine 1957.

Opseg: 15 strana, 1 tablica, 5 grafičkih prikaza.

Termoenergetski sistemi

Izrada računala za ekonomsku raspodjelu opterećenja za rad dispečera

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autori ing. Stjepan Ivančić i ing. Zdenko Selanec; dovršeno u travnju 1962.

Elaborat rađen je u okviru »Aktuelnih tema«. Na temelju izvršenih bilanci u TE Jertovec, Zagreb, Rijeka i Vlaška izrađene su energetske neto-karakteristike pojedinih elektrana, tj. ovisnost proizvodnje električne energije na pragu elektrane i potrošnje goriva. Ove karakteristike izrađene su uz pretpostavku optimalnih sprega i optimalne raspodjele opterećenja na agregatima u pojedinim elektranama.

Na bazi ovih karakteristika, a po principu diferencijanlog potroška izračunane su potrebne veličine za izradu računala. Na računalima su predviđene i korekturne skale koje uključuju cijenu goriva, te eventualno opravdana odstupanja od optimalnih uvjeta proizvodnje pojedinih elektrana.

Opseg: 40 strana i izrađeno računalo.

Izrada prijedloga tehničkih propisa o racionalizaciji korištenja i štednji toplotne energije

Narudžba Saveznog izvršnog vijeća, glavna redakcija ing. Jakob Lucati; dovršeno u ožujku 1962.

U cilju racionalnog korištenja toplotne energije odlučilo je Savezno izvršno vijeće da izda tehničke propise putem kojih treba ovaj problem riješiti u širokom području.

Tehničkim propisima obuhvaćena su područja: gorivo, parni kotlovi, primarni strojevi, plinski generatori, industrijske peći, potrošnja topline u industriji za tehnološke svrhe i grijanje, domaćinstva s pećima i štednjacima, proizvodnju toplinske opreme, mjerni instrumenti, toplinska mjerenja, kadrovi, normativi i stimulacija.

Opseg: 73 strane.

Perspektivni razvoj opskrbe toplinom grada Zagreba

Narudžba Narodnog odbora grada Zagreba, autori ing. Jakob Lucati, ing. Hrvoje Brkić i ing. Zdenko Selanec.

Elaborat se sastoji iz dva dijela. U prvome dijelu prikazana je potrošnja toplinske i električne energije u gradu Zagrebu do 1958. i to za koks, ugljen, ogrjevno drvo, električnu energiju, gradski plin, zemni plin, te propan i butan.

Za 1958. razrađena je osim toga i raspodjela prema strukturi potrošača i prema teritorijalnoj raspodjeli. Nadalje su obrađene energetsko-ekonomske karakteristike pojedinih oblika energije, za primjenu u domaćinstvu za kuhanje, grijanje prostorija i pripremu tople vode uz uže područje grada Zagreba.

Na osnovu prvoga dijela elaborata izrađen je drugi dio elaborata koji promatra perspektivnu potrošnju toplinske i električne energije na teritoriju grada Zagreba, te pokazuje strukturu i količine potrebne topline i električne energije u pojedinim dijelovima grada za 1970.

Razvoj potrošnje temelji se na proučavanju trenda razvoja i utvrđivanja energetskog standarda stanovništva. Dane su karte razvoja s oznakom intenziteta potrošnje, posebno za svaku vrstu energija, koje će služiti kao osnova za projektiranje mreža i ostalih sredstava za opskrbu stanovništva grada Zagreba.

Opseg: 190 strana elaborata, 150 strana priloga.

Ispitivanje turboduvaljki u Željezari Sisak

Narudžba Željezare Sisak, autori ing. Zdenko Selanec i ing. Hrvoje Brkić; dovršeno 1961.

U vezi proširenja kapaciteta visokih peći u Željezari Sisak bilo je nužno utvrditi u kojoj bi mjeri mogle zadovoljiti postojeće duvaljke. U tu svrhu izvršena su potrebna ispitivanja na tim duvaljkama te izrađene karakteristike za razne brojeve okretaja.

Opseg: 42 strane.

Prikaz energetskog toka FNR Jugoslavije i NR Hrvatske za 1959.

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. Mira Jeras, redakcija ing. Jakob Lucati.

U cilju pravilnog usmjeravanja pojedinih oblika energije u zemlji, te određivanja odnosa povoljnosti električne energije kao supstitutne energije drugim vrstama energije potrebno je periodički pratiti energetske tokove FNR Jugoslavije i NR Hrvatske. Ovakvi prikazi izrađeni su u Institutu za NR Hrvatsku u 1953, a za FNR Jugoslaviju u 1956.

Budući da su u Jugoslaviji, a naročito u Hrvatskoj nastale u periodu od 3 odnosno 6 godina veće strukturne promjene u korist unošenja sve više sekundarnih energija, potrebno je bilo na temelju novijeg stanja utvrditi razvoj i donijeti odgovarajuće zaključke. Pored toga unapređenje energetske statistike i evidencije zadnjih godina pruža mogućnost dublje i tačnije analize glavnih faktora koji imaju upliva na energetski tok zemlje.

Ovaj je rad podijeljen na 2 dijela i to:

I. dio: Energetski tok FNR Jugoslavije.

II. dio: Energetski tok NR Hrvatske.

Prikazi sadrže:

1. Izvore podataka.
2. Terminologiju i objašnjenja.
3. Količine energija koje u primarnom obliku ulaze u primjenu na području FNRJ i NRH.
4. Glavne pretvorbe koje nastaju na putu od ulaza bruto do izlaza neto-energija.
5. Energetski obračun (bilanca).

Opseg: 55 strana.

Termoenergetska ispitivanja u TE Kakanj

Narudžba TE Kakanj, Čatići, autori ing. Stjepan Ivančić, ing. Mira Jeras, ing. Zdenko Selanec; dovršeno.

Rad obuhvaća kompleksna ispitivanja postrojenja elektrane te energetske bilance. Na temelju ovih radova utvrđene su optimalne sprege i optimalna raspodjela opterećenja na osnovne jedinice.

Ovaj rad daje detaljan uvid u rad elektrane te dobiveni rezultati služe i kao osnova za određivanje normativa.

Rad se nastavlja u 1962.

Termoenergetska ispitivanja TE Kolubara

Narudžba Termoelektrane Kolubara, autori ing. Stjepan Ivančić, ing. Mira Jeras, ing. Zdenko Selanec; dovršeno.

Rad obuhvaća kompleksna ispitivanja postrojenja elektrane te energetske bilance. Na temelju ovih radova utvrđene su optimalne sprege i optimalna raspodjela opterećenja na osnovne jedinice.

Ovaj rad daje detaljan uvid u rad elektrane te dobiveni rezultati služe i kao osnova za određivanje normativa.

Rad se nastavlja u 1962.

Energetske bilance Željezare Sisak

Narudžba Željezare Sisak, autori ing. Zdenko Selanec, ing. Hrvoje Brkić.

Željezari Sisak predstoji daljnji razvoj u obliku proširenja. S tim u vezi treba utvrditi i potrošak energetskih tekovina (para, komprimirani zrak, rashladna voda, električna energija, visokopećni plin itd.) koje će se trošiti nakon proširenja, kako bi se na bazi tih podataka moglo pristupiti projektiranju proširenja energetskih objekata.

Rad se nastavlja u 1962.

Sanacija kondenznog gospodarstva u tvornici »Varteks«

Narudžba Varaždinske tekstilne industrije »Varteks«, autor Slavko Špoljarić; dovršeno.

Da se dobiju osnove za sanaciju i otklanjanje nedostataka, izvršena su potrebna mjerenja u zimskim i ljetnim markantnim uslovima te detaljno pregledani svi glavni zaporni i odvodni organi.

Dani su podaci tehničkih mjerenja i rezultati kompleksnog proučavanja. Isto tako su dani i prijedlozi za sanaciju pod pretpostavkom da se radovi i preinake ograniče na što manju mjeru jer tvornica ima u planu rekonstrukciju u kojoj će i parni i kondenzni sistem biti podvrgnut korjenitim promjenama.

Opseg: 75 strana.

Razni radovi

Osim navedenih radova izvršen je i niz manjih intervencija, kao na primjer:

Ispitivanje povoljnosti izgaranja ugljena u kotlovima tvornice »Varteks«.

Pomoć poduzeću »Borovo« pri rješavanju energetskih problema.

Tehnička saradnja u obliku konzultacija pri rješavanju energetskih problema u Željezari Sisak.

Ispitivanje rashladnih tornjeva u TE Zagreb

Narudžba »Elektrane« Zagreb.

Izvršen je niz ispitivanja uz promjenljivo hidrauličko opterećenje i različite meteorološke prilike. Rezultati ispitivanja su u obradi i treba da posluže za ocjenu dobrote rada rashladnih tornjeva i eventualnih poboljšanja. Rad se nastavlja u 1962.

Ispitivanje rashladnih tornjeva u pogonu TE Jertovec

Narudžba Termoelektrane Jertovec. Dovršeno u srpnju 1961.

Izvršeno je ispitivanje dvaju novo postavljenih rashladnih tornjeva u pogonu. Ispitivanja treba da pruže podatke, da li rad rashladnih tornjeva odgovara prosječno postizivoj dobroti rada izvedenih rashladnih tornjeva u Evropi, budući da su ovi rashladni tornjevi izvedeni po domaćem poduzeću. Izvršeno je niz ispitivanja uz promjenljivo hidrauličko opterećenje i različite meteorološke prilike. Rezultati ispitivanja su razrađeni pregledno u tabelama i u dijagramima u ovisnosti o promjenama meteoroloških prilika i protočnih količina vode i priloženi u elaboratu.

Opseg: 159 strana, 19 slika i dijagrama.

Ispitivanje kotla VII u Termoelektrani Zenica

Narudžba Termoelektrane Zenica, autori ing. E. Giunio i tehn. S. Harapin; dovršeno u kolovozu 1961.

Ispitivanja kotla provedena su kod loženja ugljenom, grotlenim plinom i kombinirano ugljenom i grotlenim plinom. Kotao je građen za proizvodnju pare od 16 t/h, i radi na zajednički dimnjak s ostalim kotlovima. Za vrijeme ispitivanja kod loženja ugljena maksimalno postignuti učin iznosio je 13 t/h. Kod loženja plinom postignut je učin od 16,3 t/h ali sa stepenom djelovanja od 66,8%. Uzrok takvog rada je bila nedovoljna promaja i veliki otpori u zagrijaču vode.

Opseg: 51 strana, 38 tablica, 2 slike.

Ispitivanje kutnocijevnog kotla »Đuro Đaković« u tvornici Emona Zalog

Narudžba Tvornice »Đuro Đaković« Slavonski Brod, autor teh. S. Harapin; dovršeno u ožujku 1961.

Ispitivanja je naručila tvornica »Đuro Đaković«; ona su izvršena u okviru tehničkog prijema ovih kotlova. Kotlovi su kapaciteta 2 t/h suhozasićene pare uz pritisak od 8 atp. Po tipu kotlovi su kutnocijevni, tj. bez nosive rešetke iz čeličnog profila. Ispitivanja su pokazala, da je učin kotla, kao i stepen djelovanja udovoljio uslovima iz ugovora.

Opseg: 25 strana, 17 tablica, 1 slika.

Ispitivanje kotlova TPK u tvornici »Slavko Rodić«, Bugojno

Narudžba Tvornice »Slavko Rodić«, Bugojno, autor ing. E. Giunio; dovršeno u travnju 1961.

Kotao MAN, rekonstruiran u Tvornici parnih kotlova Zagreb, s ugrađenim PLP-ložačem s garantiranim učinom od 6000 kg/h i stepenom djelovanja od 70 % ispitan je radi kontrole garancija. Kod ispitivanja kotao nije postigao garantne vrijednosti, jer ugrađeni PLP-ložač nije mogao ubaciti potrebnu količinu goriva. Izmjerena proizvodnja pare iznosila je 4000 kg/h sa stepenom djelovanja od 69 %.

Opseg: 23 strane, 14 tablica, 1 slika.

Ispitivanje kotla TPK CVG 80 u SIV-u Beograd

Narudžba Tvornice parnih kotlova, Zagreb, autor ing. E. Giunio; dovršeno u ožujku 1961.

Dimnocijevni kotao 80 m² ogrjevne površine za toplu vodu s uljnim loženjem s predviđenim učinom od 800.000 kcal/h kod norme opterećenja i 1,000.000 kcal/h kod maksimalnog opterećenja. Kod ispitivanja kotao je proizvodio $1{,}21.10^6$ odnosno $1{,}08.10^6$ kcal/h s koeficijentom djelovanja od 77 %. Niski stepen djelovanja uvjetovan je bio visokim izlaznim temperaturama dimnih plinova. Kotao odnosno gorionik je zadovoljio garancije.

Opseg: 18 strana, 8 tablica.

Studija o mehaničkim vibracijama rotacionih strojeva

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske; dovršeno u lipnju 1961.

Elaborat je rađen u okviru stalnih »Studijskih tema«. Obrađuje se vibracija velikih turbostrojeva u slijedećim poglavljima: Uvod, teoretske osnove, vlastite funkcije strojeva, utjecajni faktori, poremećajni faktori, metode ublaživanja vibracija, odnosno i metode mjerenja, mjerne aparature, te primjer jednog ispitivanja.

Opseg: 98 strana, 80 slika.

Ispitivanje klima—uređaja na objektu BV1 Brioni

Obrada ing. E. Giunio; dovršeno u studenom 1961.

Ispitan je klima-uređaj i rashladni uređaj. Rezultati mjerenja obrađeni su tabelarno u elaboratu radi rekonstruiranja klima-uređaja.

Opseg: 35 strana, 17 tablica, 5 slika.

Ispitivanje dobave uzduha za pogon fermentacije teramicina u Tvornici »Pliva«, Zagreb

Narudžba »Pliva«, Zagreb, obrada ing. E. Giunio; dovršeno u studenom 1961.

Mjerena je količina uzduha koju dobavlja kompresorska stanica u pogon fermentacije teramicina.

Opseg: 13 strana, 3 slike.

Primopredajna ispitivanja turboagregata Jugoturbina«-AEG u Termoelektrani Kakanj

Narudžba »Jugoturbina« Karlovac; nastavlja se u 1962.

Izvršena su prethodna garantna ispitivanja turboagregata i proračun mjerenih vrijednosti. Tehnički izvještaj nije izrađen.

Primopredajna ispitivanja parnih kotlova br. 4 i 5 i turboagregata III i IV u Termoelektrani Kolubara

Narudžba Termoelektrane Kolubara, obrada ing. K. Džinev; dovršeno u prosincu 1961.

Učin kotlova je 110/135 t/h za pritisak pare od 84 atp i temperaturu 530^0 C. Kotlovi se lože ugljenom prašinom koja se melje u četiri mlina čekićara direktno spojena na ložište. Radi predsušenja ugljena predviđena je recirkulacija dimnih plinova. Kotlovi su žarnosnog tipa s velikom radijacionom ogrjevnom površinom. Ispitivanja su provedena kod normalnog i maksimalnog opterećenja, kao i rada kotla kod tehničkog minimuma i maksimuma. Ispitivanja su pokazala da su zadovoljene garancije s obzirom na stepen djelovanja i proizvodnju pare.

Nadalje su ispitani turboagregat III snage 55/65 MW radi provjere garancija, kao i turboagregat IV snage 25,6/32 MW. Ispitivanja su pokazala da su kod oba turbogregata ispunjene garancije.

Opseg: 118 strana, 66 tablica, 8 slika.

Primopredajna ispitivanja elektrofiltera u Termoelektrani Kakanj

Narudžba Termoelektrane Kakanj; nastavlja se u 1962.

Izvršene su pripreme i započeta ispitivanja, ali s obzirom da filter nije bio pripremljen za primopredaju, ispitivanja nisu dovršena.

Ispitivanje turbopumpe u Termoelektrani Kakanj

Narudžba Termoelektrane Kakanj; nastavlja se u 1962.

Ispitivanje turbopumpe je provedeno, ali rezultati ne zadovoljavaju, pa će se ispitivanja ponoviti.

Ispitivanje sadržaja kisika u napojnoj vodi broda T/T »Trud«

Narudžba »3 Maj«, Rijeka, obrada doc. ing. I. Lončar; dovršeno u prosincu 1961.

Ispitan je sadržaj kisika u napojnoj vodi i kotlovskoj vodi na tankeru »Trud«. Ispitivanjima je ustanovljeno da je sadržaj kisika veći od dozvoljene količine.

Opseg: 19 strana, 5 tablica, 5 slika.

Ispitivanja filtera i kotla na otpadnu toplinu, te sadržaja prašine u plinovima iza nove topionice

Narudžba Rudarsko-topioničarskog bazena Bor; nastavlja se u 1962.

Izvršena su ispitivanja elektrofiltera, isporučenog od firme »VIM«, Pariz, ugrađenog ispred pogona sumporne kiseline, kotla na otpadnu toplinu iza nove topionice bakra izvedenog od firme »D. Babcock Werke« i sadržaja bakra s dimnim plinovima iza nove topionice.

Laboratorijska toplinska mjerenja

Izvještaj o ispitivanju električne akumulacione peći »Taracer«

Narudžba Zavoda za stambenu izgradnju NO grada Zagreba, autori ing. F. Šprung, ing. Sokolaj, E. Wanderer, dovršeno u ožujku 1961.

Elaborat je izrađen na temelju ispitivanja električne akumulacione peći po propisima VDE 0720 i po posebnim zahtjevima naručioca u pogledu akumulacionih kvaliteta. U okviru elaborata dani su prijedlozi za poboljšanje izvedbe u smislu propisa i poboljšanje akumulacionih osobina.

Toplinske izolacije nuklearnih postrojenja

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor ing. F. Šprung, dovršeno u travnju 1961.

Obrađene su izolacije anorganskog i organskog porijekla u tri zone radijacionih opasnosti nuklearnog postrojenja kako u pogledu promjene izolacionih svojstava, tako u pogledu kontrole kvalitete i remonta.

Toplinske izolacije dimnjaka u zgradarstvu

Narudžba Centra za unapređenje građevinarstva, Beograd, autori ing. F. Šprung, ing. V. Debogović; dovršeno u studenom 1961.

U elaboratu su dane primjene termodinamičkih zakona na dimnjake u zgradarstvu u pogledu izvedbe, smještaja, dimenzioniranja i toplinske izolacije u vezi pojave vlage, a na bazi domaćih goriva. Dani su konkretni primjeri proračuna dimnjaka.

Ispitivanje hladnjače za brodski teret m/b »Jesenice«

Narudžba Brodogradilišta »3 Maj«, Rijeka, autor ing. Z. Šrung; dovršeno u rujnu 1961.

Obrađuje se ispitivanje toplinskih izolacija hladnjače za brodski m/b »Jesenice« od 10.000 tona za građevno poduzeće »Jugolinija« iz Rijeke za liniju Jadran—Sjeverna Amerika. Na temelju ovog ispitivanja hladnjača je dobila najvišu (RMC) klasu Lloyda.

Ispitivanje građevinskih objekata

Autori ing. F. Šprung i K. Sonns,

Ova ispitivanja vršena su na temelju republičkih propisa NRH o toplinskoj i akustičkoj zaštiti zgrada. Ispitane su zgrade: pokusni objekt IGH, paviljon B u studentskom naselju i Šarengradskoj ulici i 8 stropova u tornju za ispitivanje. Većina ovih elemenata zadovoljila je propise.

Kontrola automatike i mjerne tehnike

Autori razni, radovi tokom čitave godine.

Radovi su vršeni na temelju ugovora sa Brodogradilištima »3 Maj« i »Uljanik«, te tvornicama »Prvomajska« i »Elektroda«. Riješena je problematika automatske regulacije »ekstruder«-strojeva za plastične mase u tvornici »Grafokarton« i dan projektni zadatak za rekonstrukciju automatike kalionice tvornice »Prvomajska«. Ukupno je izvršeno 627 kontrola i 143 revizije.

Ispitivanje toplinskih izolacija

Po nalogu raznih interesenata, autor K. Sonns, radovi tokom čitave godine.

Ispitana je toplinska vodljivost 14 materijala na zahtjev proizvođača i potrošača i o ispitivanjima su izdani atesti. Ova ispitivanja omogućila su naručiocima da svrsishodno upotrijebe svoje materijale na temelju provjerenih svojstava i na taj način spriječe moguće milijunske štete, koje bi mogli izazvati materijali loših toplinskih svojstava.

Ispitivanje dvoplamenog kuhala »Jug« Skopje

Po narudžbi »Jug« Skopje, autori ing. J. Mužny i E. Wanderer; dovršeno u srpnju 1961.

Elaborat je izrađen na temelju ispitivanja po propisima VDE br. 0720 na inicijativu proizvođača, a radi dobivanja kvalitetnog znaka. Pronađene pogreške nisu ležale u konstrukciji ili lošoj dispoziciji elemenata ili u bilo kojem drugom uzroku koji se ne bi dao otkloniti kod ovog aparata.

Elektrotehnička mjerenja u pogonima

Mjerenja na blindiranim transformatorskim stanicama

Narudžba »Energoinvest«, Sarajevo.

Ispitivanja su vršena radi upoznavanja temperaturnih režima u oklopljenim transformatorskim stanicama tipa BTS, a naročito u ugrađenim transformatorima tih stanica, u obalnom i planinskom pojasu naše zemlje, kod onakvog režima rada kakav je sada i kakav se u distributivnoj mreži može očekivati. Oklopljene transformatorske stanice uopće, a stanice BTS posebno, preuzete su iz zemalja s drugačijim klimatskim uslovima od onih, koji vladaju kod nas. Odatle se nameće potreba ispitivanja ovakovih transformatorskih stanica u pogonskim uvjetima mimo neophodnih ispitivanja u ispitnim stanicama i laboratorijima.

Ispitivanje je obuhvatilo mjerenje temperature okoline transformatorske stanice na suncu i u hladu, temperature u transformatorskoj stanici na strani obasjanoj suncem i na strani u hladu, temperature ulja transformatora, temperature limenog oklopa stanice na suncem obasjanoj strani i na strani u hladu. Osim toga mjereni su napon i struja u svakoj fazi na sekundarnoj strani transformatora. Sve ove veličine su mjerene kroz vremenski period od više sati.

Kasnijom obradom prikupljenih rezultata mjerenja zaključeno je, da nema načelnih zapreka postavljanju oklopljenih transformatorskih stanica tipa BTS 2 i BTS 4 u distributivnim mrežama u klimatskim područjima naše zemlje, vodeći računa o režimu opterećenja i svim ostalim okolnostima, koje igraju ulogu kod odabiranja i postavljanja transformatorskih stanica u distributivnim mrežama.

Ispitivanje turbogeneratora TE Kakanj

Mjerenje otpora uzemljenja i nulovanja

Narudžba Tvornice cementa »Sloboda«, Podsused.

Za pogonsku sigurnost od velike je važnosti da otpori uzemljenja i nulovanja budu što manji, kako bi se uklonila svaka opasnost za radnike. U tu svrhu Laboratorij za visoki napon i jaku struju sklapa stalne aranžmane s pojedinim poduzećima za kontrolno mjerenje otpora uzemljenja i nulovanja i upozorava na sve propuste i nedostatke koji se ustanove.

Laboratorijska elektrotehnička mjerenja

Ispitivanje za znak kvalitete

Narudžba Elektrotehničkog društva Hrvatske, Zagreb; ispitivači: ing. J. Mužny i tehn. T. Veselić.

Elektrotehničko društvo Hrvatske ovlašteno je da kvalitetnim proizvodima dodjeljuje znak kvalitete, koji je ujedno garancija da dotični proizvod u potpunosti odgovara standardima. Proizvod koji dobije kvalitetni znak mora imati zagarantirano: besprijekornost proizvodnje, adekvatno konstrukciono izvođenje, kvalitetan upotrebljeni materijal, estetski vanjski izgled i praktičnost upotrebe.

Elektrotehničko društvo Hrvatske povjerava ispitivanje za kvalitetni znak Laboratoriju za visoki napon i jaku struju. Ispitivanja se provode prema propisima JUS, a ako ih za neki proizvod nema, povjerava se prema propisima CEE i VDE. U tu svrhu Laboratorij raspolaže svim potrebnim uređajima, tako da se mogu provesti sva ispitivanja potpuno u skladu s propisima.

Izvršena su ispitivanja za kvalitetni znak slijedećih proizvoda: razvodnih kutija OG grijaćih ploča »R. Končar«, kutija MB iz plastične mase, priključnica tvornice »Kontakt« itd. Na osnovu rezultata ispitivanja i analize proizvodnih mogućnosti tražilaca, posebna komisija Elektrotehničkog društva Hrvatske odlučuje da li dotični proizvod zaslužuje znak kvalitete.

Ispitivanje odvodnika prenapona

Narudžbe poduzeća: *Elektra,* Varaždin; *Elektroprenos,* Split; *Elektra,* Koprivnica; *Dalmatinske hidroelektrane,* Split; *Elektra,* Zagreb; *Elektroslavonija,* Osijek; *Elektra,* Zabok; *Elektroprivredno poduzeće* Šibenik; *Obnova,* Osijek; *Struja,* Bjelovar; TS Matulji; *Elektroopskrba,* Zagreb; Hidroelektrana Vinodol; *Elektra,* Karlovac; Hidroelektrana Peruća; *Elektra,* Bjelovar; ispitivači tehničari: T. Veselić i Đ. Juretić.

U Laboratoriju za visoki napon i jaku struju izvršen je niz ispitivanja odvodnika prenapona. Laboratorij u tu svrhu raspolaže potrebnim ispitnim transformatorom za ispitivanje odvodnika pogonskom frekvencijom, kao i udarnim generatorom za ispitivanje odvodnika prenapona do reda napona 110 kV. Za snimanje prerade na raspolaganju je katodni oscilograf za snimanje prijelaznih pojava.

Ispitivanje mjernih instrumenata, uređaja, releja i transformatora

Narudžbe poduzeća *Dalekovod,* Zagreb; *Elektra,* Zadar; *Elektra,* Bjelovar; *Viadukt,* Zagreb; *TEP,* Vrpče-Zagreb; *Rade Končar,* Zagreb; *Elektra,* Križ; *Elektra,* Varaždin; *Volta,* Zagreb; *Kontakt,* Zagreb; Uprava Mornaričkog Instituta; *Energoinvest,* Sarajevo; *Pliva,* Zagreb; Brodogradilište »*3. Maj*«, Rijeka.

Laboratorij za visoki napon raspolaže instrumentima klase 0,1 i ispitnim uređajima za ispitivanje mjernih instrumenata za istosmjernu i izmjeničnu struju. Osim toga raspolaže etalonima za ispitivanje brojila kao i svim potrebnim uređajima, te se ispituju za druge vrijednosti struje i napona. Laboratorij ispituje i udešava sve vrsti releja pomoću uređaja vlastite proizvodnje. Za ispitivanje strujnih i naponskih mjernih transformatora raspolaže mostom za mjerenje kutne i postotne greške. Klasa tačnosti mosta za strujne transformatore 0,1 a za naponske 0,2. Osim toga Laboratorij može ispitivati, a i izvoditi, razne mjerne uređaje.

Ispitivanje niskonaponskih sklopki

Narudžbe poduzeća *Dalekovod* Zagreb i *Energoinvest* Sarajevo.

Ispitivanje izolatora, kabela i izolacionih materijala

Narudžbe poduzeća *Katran,* Zagreb; *Energoinvest,* Sarajevo; *Elektroprenos,* Zagreb; *MEP,* Pakrac.

U Laboratoriju za visoki napon ispituju se izolatori bilo pojedinačno ili u lancima ili stupovima po svim propisima određenim uvjetima. Isto tako ispituju se sve vrsti izolacionih materijala mjerenjem njihove električne čvrstoće, dielektrične konstante i kuta gubitaka. Osim toga ispituju se kabeli prema propisima JUS, a također i različiti izolacioni dijelovi.

Elektrotehnički razvojni radovi i elaborati

Razvoj encefalografa

Narudžbe: razne bolnice.

Studija i razvoj elektronskog dijela: ing. A. Šantić; studija i razvoj elektromehaničkog pisača i mehaničkog dijela encefalografa: ing. M. Kolaj. Studijski rad dovršen do svibnja 1961.

Izrađena je kompletna serija od 5 elektroencefalografa i to kako mehanički tako i električki dio radova na pojedinačnim stolovima i kanalima.

Izvršena je montaža i ispitivanje 3 encefalografa koji su potpuno dovršeni i isporučeni.

Preostala 2 elektroencefalografa bit će montirana, ispitana i isporučena početkom 1962.

Razvoj audiometra

Autori ing. M. Gregurić i ing. M. Vujnović.

Razvijen je prototip tonalno-vokalnog audiometra. Izvršen je mehanički dio radova kao i električko spajanje pojedinačnih šasija i njihovo ispitivanje. Rad prelazi u 1962.

Uređaj za ispitivanje releja

Narudžbe poduzeća: *Elektrojug,* Dubrovnik; *Institut za elektroprivredu,* Zagreb; *Elektroprimorje,* Rijeka; *Elektrodistribucija,* Skopje; *Kombinat,* Borovo; *Elektro,* Ljubljana-Mesto.

Za ispitivanje i udešavanje releja razvijen je u Laboratoriju za visoki napon i jaku struju odgovarajući uređaj. Njime se mogu ispitivati nadstrujni releji bilo primarni bilo sekundarni, a također i sve vrsti naponskih releja. Uređaj se izrađuje u dvije varijante: a) za ispitivanje i udešavanje primarnih i sekundarnih nadstrujnih releja (oznaka tipa IR-2 S), b) za ispitivanje i udešavanje samo sekundarnih nadstrujnih releja (oznaka tipa IR-3).

Tip IR-2 S sastoji se iz slijedećih dijelova: izbor regularnih struja i napona, izvor jakih struja, električna stop-ura i potrebni vodiči za spajanje. Izvor reguliranih struja i napona omogućava regulaciju napona od 0–250 V, a za ispitivanje sekundarnih releja regulaciju struje od 0–12 A i priključuje se na mrežu 220 V 50 Hz. Izvor jakih struja upotrebljava se za ispitivanje i primarnih nadstrujnih releja od 1000 A, a

prikljućuje se na izvor reguliranih struja. Električna stopura prespojiva je za istosmjerne i izmjenične napone 110 i 200 V s područjima 0—1 sekunde i 0—20 sekunda. Cijeli uređaj osigurava tačnost klase 1.

Tip IR-3 sastoji se od izvora reguliranih struja do 30 A za priključak na mrežu 220 V 50 Hz, električne stop-ure i potrebnih vodiča za spajanje.

Selenski ispravljači

Narudžba poduzeća *Prvomajska*, tvornica alatnih strojeva, Zagreb.

Za napajanje elektromagneta spojke izrađen je selenski ispravljač. Ispravljačke ploče su u mosnom spoju za trofazni priključak, tako da valovitost ispravljenog napona bez filtracije iznosi 4 %. Ispravljač daje istosmjerni napon 110 V uz 20 A a priključuje se na trofaznu mrežu 380 V. Trofazni transformator ispravljača ima grupu spoja Yd 11 i snagu 3 kVA s primarnim otcjepima ± 15 V. Uz prirodno zračno hlađenje i trajni nazivni teret zagrijavanje (nadtemperatura) iznosi 65° C što ukazuje da je upotrebljeni materijal maksimalno iskorišten.

Razni radovi

Izrada zaštitnih prigušnica za visokofrekventne uređaje za *Telekomunikacije*, Ljubljana.

Razvoj i ispitivanje osigurača za *Strojotehnu*, Zagreb.

Izrada specijalnih ispravljača za *Željezo*, Rijeka.

Izrada magnetskih svitaka za *Elektru*, Zabok.

Izvršeno je preselenje i montaža laboratorija u novoj zgradi. Istovremeno su izrađeni pojedini dijelovi za kompletiranje aparatura laboratorija, a također su razrađene metode za pojedina ispitivanja, kao improvizacija zbog nedostatka pojedinih aparatura.

Izvršeni su razni popravci instrumenata, uređaja i sl., te razna manja ispitivanja.

Elektrotehnički elaborati

(Laboratorij za visoki napon)

1. *Nazivi i definicije za zaštitu i releje.* Iscrpno su donesene definicije za zaštitu i releje, a nazivi su navedeni na hrvatskom, francuskom, engleskom, njemačkom i talijanskom.

2. *Tipska razvodna ploča industrijske proizvodnje.* Elaborat je izrađen za tvornicu »Kontakt« na osnovu kojega je tvornica razvila tipsku ploču, koja će se industrijski proizvoditi, za električne instalacije u stanovima. Ploča se sastoji od elemenata, koji se nadograđuju prema opsegu instalacija.

3. *Ispitna stanica velike snage.* Dano je obrazloženje za potrebu izgradnje ispitne mreže stanice u Mraclinu, u kojoj bi se mogli ispitivati rasklopni aparati visokog napona i ostali elementi visokonaponskog postrojenja, za čije su ispitivanje potrebne velike struje. Dano je i idejno rješenje ispitne stanice, specifikacija opreme, potrebna sredstva za izgradnju, te etapna izgradnja stanice.

4. *Ispitivanje rezervne snage u našem elektroenergetskom sistemu.* Opisana je potreba rezervne snage u postrojenjima i svrha ispitivanja. Zatim su prikazane metode mjerenja, sheme mjerenja, te idejni projekt mjerne aparature. Navedeno je nekoliko primjera izvedenih mjerenja. Rad prelazi u 1962.

5. *Otklanjanje grešaka diferencijalne zaštite.* Prikazana je brza, pouzdana i jednostavna metoda ispitivanja diferencijalne zaštite i istaknuti su problemi, na koje kod projektiranja treba obratiti pažnju. Brzom i jednostavnom metodom ispitivanja prije puštanja u pogon skraćuje se vrijeme potrebno za puštanje u pogon, te postiže maksimalna sigurnost u otklanjanju grešaka.

6. *Studij problema bezopasnosti pri radu s elektricitetom.* Problem je opisan i prikazan je način njegova rješenja, dane su upute za osiguranje bezopasnosti pri radu s elektricitetom.

Ekonomska pitanja i statistika

Statistika široke potrošnje po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske za razdoblje 1948. do 1960.

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor B. Šel; dovršeno u prosincu 1961.

U elaboratu je brojčano i grafički prikazan razvoj široke potrošnje električne energije od 1948. do 1960. po konzumnim područjima i kategorijama potrošača. Na osnovu tako svrstanih statističkih podataka ustanovljena je jakost veze između potrošnje u domaćinstvu i ukupne potrošnje električne energije.

Ta se korelaciona veza, koja je izračunana za svako konzumno područje posebno, pokazuje vrlo čvrsta, što omogućuje da se kod prognoziranja ukupne potrošnje s priličnom sigurnosti odredi i buduća potrošnja u domaćinstvu. Elaborat sadrži i pregled vodova napona od 0,4 do 30 kV po distributivnim područjima i prosjek prenijete električne energije po kilometru voda.

Opseg: 10 strana teksta, 40 strana tablica i 27 slika.

Statistički podaci za elektroprivredni godišnjak 1960.

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, obrađivač statističkog dijela B. Šel; dovršeno u listopadu 1961.

U elektroprivrednom Godišnjaku za 1960. iznijet je pregled elektrana udružene elektroprivrede, industrijskih i lokalnih elektrana, zatim instaliranih transformatorskih stanica od 110 do 30 kV, te vodova od 220 do 30 kV. Prikazan je razvoj instaliranih snaga elektrana, transformatorskih stanica i vodova od 1946. do 1960.

Proizvodnja električne energije na području NR Hrvatske razrađena je po značaju proizvodnje (udružena elektroprivreda, industrijske i lokalne elektrane), te obuhvaća — zajedno s razmjenom električne energije sa susjednim republikama i inozemstvom — razdoblje od 1946. do 1960. Isto je tako razrađena i potrošnja električne energije po strukturi potrošača za razdoblje od 1948. do 1960.

Posebno su obrađeni pogonski podaci nekih većih termoelektrana i hidroelektrana, a detaljno je po distributivnim područjima prikazan specifični potrošak električne energije široke potrošnje po stanovniku, kao i potrošak električne energije po stanovniku država Evrope.

Opseg: 65 strana tablica.

Pregled i uspoređivanje glavnih parametara elektroprivrede evropskih i sjeveroameričkih država

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, autor D. Kostanjšek; dovršeno u travnju 1961.

Svrha je elaborata da se iznađu karakteristični elektroprivredni pokazatelji u svrhu kompariranja elektroprivrede FNRJ i njenih narodnih republika s elektroprivredom evropskih država i SAD, u razdoblju od 1952. do 1959.

Prikazana je struktura ukupnih maksimalnih neto-snaga po državama, kao i trendovi razvoja i satno iskorišćenje. Obrađena je ukupna i specifična proizvodnja električne energije po stanovniku, te specifični godišnji porast, kao i krivulja udvostručenja proizvodnje za pojedine države. Kod potrošnje električne energije, osim strukture po kategorijama potrošača, izvršene su posebne analize o potrošnji po stanovniku u industriji i širokoj potrošnji.

Potrošnja topline i goriva razrađena je po vrstama goriva, a također i specifični utrošci.

Karakteristike opterećenja predočene su karakterističnim dnevnim dijagramima za FNRJ, narodne republike i neke države Evrope. Promatrani su odnosi faktora varijabilnosti i faktora dnevnog opterećenja, kao jedan od pokazatelja za postavljanje konzumnih okvira.

Posebno su razmotreni specifična proizvodnja i gubici po jedinici površine Jugoslavije u odnosu na druge zemlje. Narodni dohodak tretiran je s raznih aspekata.

Opseg: 62 strane, 48 strana dijagrama i 82 strane tablica.

Izbor matematsko-statističkih metoda za iznalaženje trenda u proizvodnji i potrošnje električne energije za jugoslavenske odnose

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. J. Jerić, dovršeno u ožujku 1961.

U elaboratu je prikazano na temelju statističkih nizova, koji obuhvaćaju izvjestan broj proteklih godina, da se primjenom matematskih analiza ustanove moguće i vjerojatne razvojne tendecije proizvodnje električne energije u vezi s razvojem ostalih privrednih djelatnosti u zemlji.

Prikazane su metode koje se primjenjuju uopće u te svrhe i ukazano je na specifične metode analiza statističkih podataka, a naročito je objašnjena metoda regresione analize pri rastavljanju proizvodnje na komponente potrošnje raznih grupa potrošača.

Konačno su na osnovi izvršenih analiza i prispodoba s raznim evropskim i sjevernoameričkim zemljama, učinjeni prijedlozi za izbor prikladnih metoda u cilju izrade predviđanja potrošnje električne energije u Jugoslaviji.

Opseg: 45 strana, 11 tablica i 11 dijagrama.

Ekonomičnost primjene električne energije u kućanstvu te elektrotermije i elektrokemije u specijalnoj velepotrošnji

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, autor D. Kostanjšek; dovršeno u travnju 1961.

Elaborat se sastoji od dva dijela, od kojih prvi obrađuje primjenu električne energije u raznim namjenama, a napose u kućanstvu, dok se u drugom dijelu obrađuje primjena električne energije u specijalnoj velepotrošnji.

Studija polazi od strukture našeg energetskog toka, preko naših sadašnjih i perspektivnih mogućnosti do ekonomskih koristi, koje se mogu očekivati racionalnom upotrebom. Pri tome se iznose iskustva drugih zemalja, kao i mogućnosti primjene u našoj zemlji.

U prvom dijelu prikazan je najprije kratki razvoj proizvodnje električne energije u svijetu i kod nas, kao i faktori koji utječu na njenu potrošnju. Dalje se obrađuju glavne namjene električne energije s obzirom na tehničke karakteristike; te su namjene razrađene po grupama potrošača, kod čega je težište na primjeni toplinske energije.

Naročita je pažnja posvećena energetskim i ekonomskim momentima u opskrbi energijom i mjesto električne energije među ostalim oblicima energije, utvrđivanje energetskih karakteristika, kao i ekonomičnost primjene električne energije.

U drugom dijelu studije iznosi se značenje specijalnih velepotrošača za elektroprivredu, zatim njihovo sadašnje stanje i izgledi razvoja u Jugoslaviji i nekim zemljama Evrope.

Pogonske karakteristike tretiraju potrošak električne energije, obustave i ograničenja dobave, karakteristike rada pojedinih potrošača poimenično, kao i njihov utjecaj na mrežu, dok ekonomske karakteristike obuhvaćaju ekonomičnost udjela troškova električne energije, ekonomske cijene za pojedine potrošače, kao i ekonomsko značenje redovite dobave električne energije, te značenje remonta sa stanovišta pojedinog potrošača i društvene zajednice kao cjeline.

Opseg: 186 strana.

Normiranje godišnjih troškova proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, autor dipl. ec. Lj. Wipplinger; dovršeno u travnju 1961.

Prvi dio elaborata opisuje zakonitost stalnih troškova prema vrijednosti osnovnih sredstava. Tu je istaknuta i bit normativa troškova i dohotka, kako se oni sada primjenjuju u elektroprivredi za potrebe jednogodišnjih planova, te razlika normiranja tekućih i perspektivnih planova.

Drugi dio elaborata sadrži iznalaženje perspektivnih stopa stalnih troškova u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije. Postavljene su jednadžbe za preračunavanje vrijednosti osnovnih sredstava, za proizvodnju u hidroelektranama i termoelektranama, prijenos i distribuciju, a zatim je ocijenjena ekonomska visina stalnih troškova za razdoblje od 1960. do 1975. za cijelu FNRJ.

Iznalaženje normativa troškova rada u perspektivnom razvoju naše elektroprivrede provedeno je prema, u ranijim studijama Instituta, postavljenom programu uvrštenja novih elektrana u pogon.

Za preračunavanje vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta u perspektivnom razvoju postavljene su jednadžbe, čiji su elementi vrijednost osnovnih sredstava potrebne količine električne energije za promatrane godine, te normativi stalnih i promjenljivih troškova. Ove jednadžbe postavljene su odvojeno za djelatnost proizvodnje u hidroelektranama i termoelektranama, zatim za prijenos i distribuciju, a odnose se na područje čitave Jugoslavije.

Opseg: 72 strane, 17 tablica i 18 grafikona.

Tarifa i tarifni sistem s općim dobavnim uslovima kod jedinstvenih i nejedinstvenih cijena električne energije

Narudžba Zajednice jugoslavenske elektroprivrede, autor ing. B. Filipović; dovršeno u siječnju 1961.

Elaboratom se postavlja osnova za buduću tarifu električne energije jugoslavenske elektroprivrede u dvije alternative, i to za slučaj različitih stavova po većim elektroenergetskim područjima. Pretpostavlja se odvijanje opskrbe na osnovu jedinstvenih općih dobavnih uslova i jedinstvenih tarifnih oblika.

Odabiranju tarifnih oblika pristupa se na osnovu analize elektroenergetskog tržišta i usvajanja principa oblikovanja prodajne cijene električne energije po troškovnom principu, uvažujući u danim slučajevima i utjecaj vrednovanja energije po potrošačima. U tu svrhu razrađena je metoda raspodjele ukupnih troškova opskrbe na pojedine grupe potrošača. Suglasno sa suvremenim principima o gospodarenju električnom energijom proučeni su i odabrani oni tarifni oblici koji se ukazuju kao najpodesniji za naše odnose.

Kako se cijena električne energije treba da zasniva na perspektivnom duljeročnom troškovnom razvoju, učinjen je pokušaj prognoziranja troškova opskrbe potrošača električnom energijom do 1975. Pri tome je razvoj vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje prognoziran na temelju elektroenergetskih bilanci i koštanja izgradnje potrebnih novih elektrana, dakle su vrijednosti postrojenja prijenosa i distribucije ocijenjene u odnosu na vrijednost osnovnih sredstava proizvodnje u tri alternative.

Tarifna dugoročna kalkulacija cijene izvršena je za prag proizvodnje, prag prijenosa 110 kV i za pragove distribucije 30, 10 i 0,4 kV. Kroz analizu rezultata kalkulacije pristupilo se je iznalaženju vjerojatnih granica varijacija cijene u dugoročnom razvoju.

Razrađen je orijentacioni proračun elemenata cijene dvojne tarife po glavnim predajnim mjestima za jedinstveno jugoslavensko tarifno područje i za samostalna republička područja.

Opseg: 153 strana, 34 tablice i 13 dijagrama.

Iznalaženje karakteristika elektroprivrednog razvoja

Narudžba Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, autor D. K o s t a n j š e k; dovršeno u kolovozu 1961.

U elaboratu se određuju karakteristike razvoja elektroprivrede NR Hrvatske, ostalih narodnih republika i FNR Jugoslavije u svrhu kompariranja s elektroprivredama država Evrope i SAD u vremenskom razdoblju od 1952. do 1959.

Prikazana je struktura ukupnih maksimalnih neto-snaga država Evrope, kao i trendovi razvoja te satno iskorištenje po državama. Obrađena je ukupna i specifična proizvodnja električne energije po stanovniku, te specifični godišnji porast, kao i krivulja udvostručenja proizvodnje za pojedine države.

Potrošnja goriva i topline razrađena je po vrstama goriva; iskazani su također i specifični utrošci te termička korisnost termoelektrana.

Karakteristike opterećenja su predočene karakterističnim dnevnim dijagramima za FNRJ, narodne republike i neke države Evrope. Promatrani su odnosi između faktora varijabilnosti i faktora dnevnog opterećenja, kao jedan od pokazatelja za postavljanje konzumnih okvira.

Posebno su razmotreni specifična proizvodnja i gubici po jedinici površine Jugoslavije u odnosu na druge zemlje.

Opseg: 66 strana, 69 strana tablica i 47 strana dijagrama.

Izdavačka djelatnost Instituta

Tokom 1961. objavljeno je 6 dvobrojeva časopisa Energija (ukupno 418 strana formata A4) i 13 posebnih otisaka iz časopisa »Energija«. Šapirografirano je i 6 brojeva časopisa brze dokumentacije »Pregled tehničke dokumentacije«.

Na institutskim uređajima za umnažanje kopirano je tokom 1961. na ozalid-papiru oko 10 tisuća kvadratnih metara nacrta, a na ručnim strojevima za umnažanje umnoženo je oko 270 000 listova papira formata A4.

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE SVIBANJ I LIPANJ 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Madarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7. 1961.	57453	28403	857	14120	173	—	58483	42523	80076	20306	— 2881	198507
8. 1961.	72029	31357	442	17061	163	—	72634	48418	78747	— 2367	— 139	197571
9. 1961.	78132	39827	244	19676	109	—	78485	59503	66923	— 2444	— 1507	200960
10. 1961.	102605	31949	740	22180	133	—	103478	54129	69343	— 5730	— 3351	217869
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	48720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150575	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44413	23802	— 8265	249459
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
3. 1962.	243194	11750	1860	16015	—	—	245054	27765	—12797	4485	— 7043	257464
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	—	—	223334	18421	—14215	1524	— 2526	226538
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	—	—	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	—	—	90362	33494	84848	9863	— 2474	216093
Ukupno 1—6. 1962.	1056204	73688	9841	86832	36	—	1066081	160520	136645	63488	— 24455	1402279

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	8502	9177	80529	1141,2	—	173,8	13,5	16,0	—	—
		Gojak	48,0	29956	8122	135293	199,3	93,3	160,7	85,0	17,0	—	—
		Ozalj	5,1	2615	1359	15066	115,0	96,5	131,1	54,8	29,6	—	—
		Kraljevac	67,0	10967	6542	84518	48,7	35,8	43,7	20,0	13,6	—	—
		Peruća	42,0	12255	9779	53353	825,2	833,0	89,1	41,3	31,0	—	—
		Split	108,0	95743	43954	565997	—	—	—	61,5	28,2	—	—
		Manojlovac	20,5	13509	7337	75138	120,4	62,6	119,4	76,0	41,0	—	—
		Jaruga	5,5	3845	2451	21622	98,4	64,0	99,9	96,0	63,0	—	—
	TE	Zagreb	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	4022	18964	70604	27,5	164,5	78,0	15,1	73,2	4104	4097
		Vlaška	8,0	—	305	557	—	14,4	10,7	—	5,3	—	4238
		Rijeka	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1602	1488	8815	102,8	60,7	91,6	12,4	11,9	. . .	. . .
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	380	—	—	49,7	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	1798	1914	11685	95,9	98,9	101,1	40,2	44,2	. . .	. . .
		Željezara, Sisak	5,5	1949	2752	18194	59,2	70,1	95,7	47,6	69,5	. . .	. . .

[1] Indeks u ovoj tablici, kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na god. 1961 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Elementi energetske bilance	Lipanj		Svibanj		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Svibanj	Lipanj	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	183052	74,3	109176	47,2	1129892	70,6	246,4	181,6	191,8
Proizvodnja industrijskih elektrana	13598	5,5	14680	6,4	96673	6,0	82,1	81,3	93,3
Proizvodnja lokalnih elektrana	—	—	—	—	36	0,0	—	—	1,7
Ukupna proizvodnja na generatoru	196650	79,8	123856	53,6	1226601	76,6	215,9	157,9	171,4
Nabava el. en. od susjed. zajednica	49526	20,2	106278	46,1	373688	23,4	38,3	75,2	54,3
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	655	0,3	672	0,0	—	—	—
Ukupno raspoloživa električna energija	246176	100,0	230789	100,0	1600961	100,0	111,7	105,1	115,7
Vlast. potr. elektrana u sistemu	1985	0,8	2880	1,2	17930	1,1	65,5	102,5	107,5
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1359	0,6	1468	0,6	9671	0,6	80,8	80,2	91,5
Ukupno raspolož. na pragu elek.	242832	98,6	226441	98,2	1573360	98,3	112,6	105,3	116,1
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(576)	(0,2)	(432)	(0,2)	(3746)	(0,2)	(67,1)	(58,6)	(79,4)
(Prag elektrana u sistemu)	(231259)	(93,9)	(213610)	(92,5)	(1490107)	(93,2)	(114,9)	(107,2)	(117,8)
Gubici prijenosa u sistemu	11834	4,8	13979	6,1	73198	4,6	103,6	119,2	105,5
Gubici razrade u sistemu	15424	6,3	13114	5,7	101997	6,4	116,5	128,8	122,9
Gubici razvoda lokalnih elektrana	—	—	—	—	4	0,0	—	—	1,9
Ukupna predaja el. en. potrošačima	215573	87,5	199348	86,4	1398161	87,3	112,9	103,6	116,1
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	18757	7,6	11567	5,0	173556	10,8	141,1	63,6	162,8
Predano inozemstvu	3731	1,5	3129	1,4	25127	1,6	49,9	70,7	54,4
Industrijska vlastita opskrba	11663	4,7	12780	5,5	83261	5,2	83,1	82,4	94,1
Lokalna opskrba	—	—	—	—	28	0,0	—	—	1,6
Potrošači u sistemu	181423	73,7	171872	74,5	1116189	69,7	115,0	111,3	116,1
Struktura potrošnje u sistemu = 100 %									
Ukupna predaja potrošačima u sistemu =									
Kućanstva (domaćinstva)	44281	24,4	42580	24,8	271159	24,3	123,3	121,3	124,9
Rasvjeta poslov. prostorija	5100	2,8	4616	2,6	42486	3,8	116,2	110,0	123,7
Rasvjeta društv. prostorija	1072	0,6	976	0,6	9131	0,8	121,0	119,2	121,3
Motori i aparati	6323	3,5	6325	3,7	44107	4,0	108,3	107,4	115,7
Poljoprivredni motori	509	0,3	495	0,3	3544	0,3	78,5	75,0	84,7
Javna rasvjeta	2597	1,4	2321	1,4	18279	1,6	113,7	115.3	116,8
Preprodavaoci	721	0,4	716	0,4	6146	0,6	83,6	89,9	90,8
Ukupna potrošnja na malo	60603	33,4	58029	33,8	394852	35,4	119,1	117,2	122,1
Vodovod	4687	2,6	4994	2,9	26768	2,4	116,9	116,1	111,5
Gradska električna vuča	1902	1,0	1823	1,0	12190	1,1	108,0	103,6	114,1
Ukupna komunalna velepotrošnja	6589	3,6	6817	3,9	38958	3,5	114,0	112,4	112,4
Ugljenokopi	6245	3,4	6002	3,5	40413	3,7	93,0	91,1	100,2
Tvornice cementa	9268	5,1	10053	5,8	52738	4,7	113,2	121,0	107,6
Ostala opća velepotrošnja	47438	26,2	45596	26,6	287159	25,6	124,9	121,7	118,2
kod elektrokemije	(1210)	(0,7)	(857)	(0,5)	(6979)	(0,6)	(110,9)	(103,3)	(112,6)
kod elektrometalurgije	(1869)	(1,0)	(1809)	(1,1)	(11287)	(1,0)	(110,3)	(113,4)	(109,0)
kod ostalih	(44359)	(24,5)	(42930)	(25,0)	(268893)	(24,1)	(126,1)	(122,4)	(118,7)
Ukupno ostala velepotrošnja	62951	34,7	61651	35,9	380310	34,0	119,0	117,6	114,4
Karbid	14464	8,0	11815	6,9	80694	7,2	111,6	90,4	105,0
Aluminij	16539	9,1	16143	9,4	94459	8,5	119,8	122,7	120,4
Ostala elektrokemija	3440	1,9	3517	2,0	20494	1,8	99,0	136,8	102,6
(Ukupno elektrokemija)	(34443)	(19,0)	(31475)	(18,3)	(195657)	(17,5)	(113,8)	(109,2)	(111,4)
Ferolegure el. metalurgije	10702	5,9	7773	4,5	69775	6,3	105,9	67,9	121,0
Elektrotoplina	3060	1,7	3029	1,8	16938	1,5	100,7	96,1	90,4
Željeznička električ. vuča	2899	1,6	2961	1,7	17453	1,6	91,7	111,4	99,1
Melioracije	176	0,1	137	0,1	2256	0,2	68,5	104,5	235,2
Ukupna specijalna velepotrošnja	51280	28,3	45375	26,4	302069	27,1	109,5	98,1	111,7

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	5. 1962.	805	705	100	178	4	128	61	193	26	137	6	35	3	34	0
	6. 1962.	785	526	259	89	20	76	113	218	58	68	67	44	1	31	0
Indeks na bazi	5. 1961.	113	126	67	306	28	87	142	110	47	117	18	118	191	83	112
	6. 1961.	115	106	141	194	143	100	173	104	158	79	100	100	—	86	12

Proizvodnja ugljena za mjesece svibanj i lipanj 1962.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio ing. Franjo Sapač

	Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Svibanj	Lipanj	Od početka godine	Svibanj	Lipanj	Od početka godine
	a	1	2	3	4	5	6
	Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	69100	71900	410260	97,8	91,9	99,4
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	5590	5476	34673	87,9	88,9	95,2
	Rudnik Pregrada	6261	5277	33228	127,4	102,1	113,0
	Ostali	4750	5146	27223	115,2	130,4	108,7
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	13521	14581	86316	95,3	103,0	75,4
	Dalmacija: Rudnik Siverić	9313	10436	58978	97,7	124,9	103,2
	Ostali	704	577	3752	114,1	76,1	99,7
	Ostala područja	3074	2937	18952	78,0	48,4	76,4
	Ukupno mrki	43213	44430	263122	98,9	104,3	98,5
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen.	31489	31756	190651	87,1	102,1	95,4
	Konjščinski ugljenokopi	216	—	52480	—	—	—
	Zagorski ugljenokopi*	15961	17360	68167	—	—	—
	Stubički ugljenokopi	9331	5226	56540	103,7	143,2	90,0
	Ostali	1723	1653	12107	82,0	87,0	96,5
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	6814	6095	43733	108,3	84,3	88,8
	Križevački ugljenokopi	2506	2768	15911	70,7	104,3	71,8
	Ostali	4316	4079	34838	61,2	59,8	79,2
	Ostala područja	921	897	5300	136,4	153,9	100,9
	Ukupno lignit	73277	69834	479727	79,8	88,7	86,5
	Ukupno sve vrste ugljena	185590	186164	1153109	90,0	93,3	93,4

* Izdvojeni pogoni N. Maretić i G. Konjščina iz Konjščinskih ugljenokopa

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Pokazatelj	Mjesee	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	5. 1962.	1910	100	757	1053	491	185	422	787	1,0	24,0	95	1,4
	6. 1962.	2030	103	756	1171	601	186	423	794	0,9	24,8	91	1,4
Indeks na bazi	5. 1961.	100	89	97	103	103	90	102	98	143	112	101	100
	6. 1961.	102	87	96	108	112	93	103	96	90	106	99	100

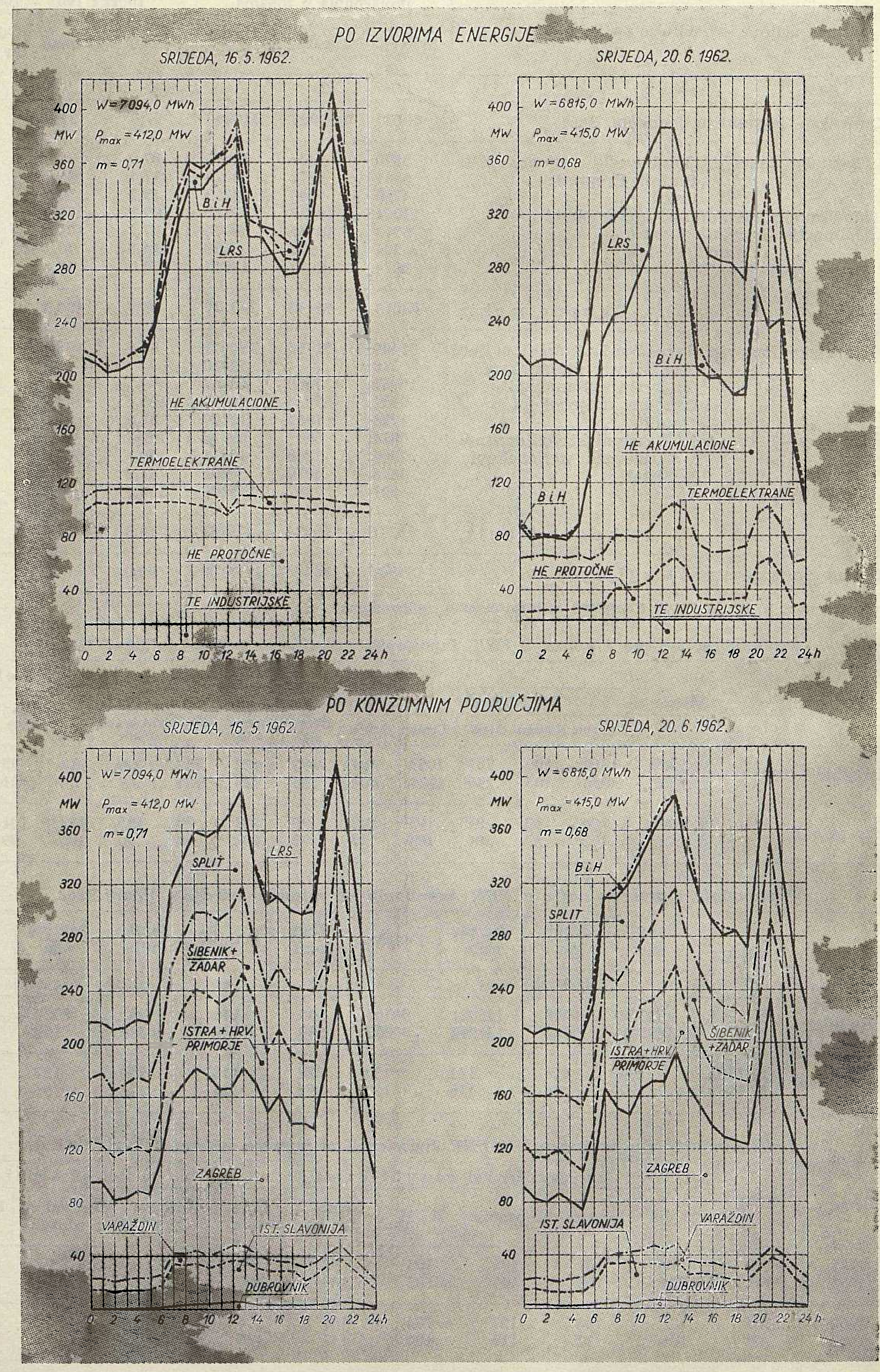
Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m^3	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	5. 1962.	134296	6303	143021	30365	965	6140	49941	8959	287
	6. 1962.	141141	5386	141992	30057	540	7532	48458	7169	256
Indeks na bazi	5. 1961.	104	151	144	137	228	118	150	127	74
	6. 1961.	122	70	116	123	92	125	128	85	62

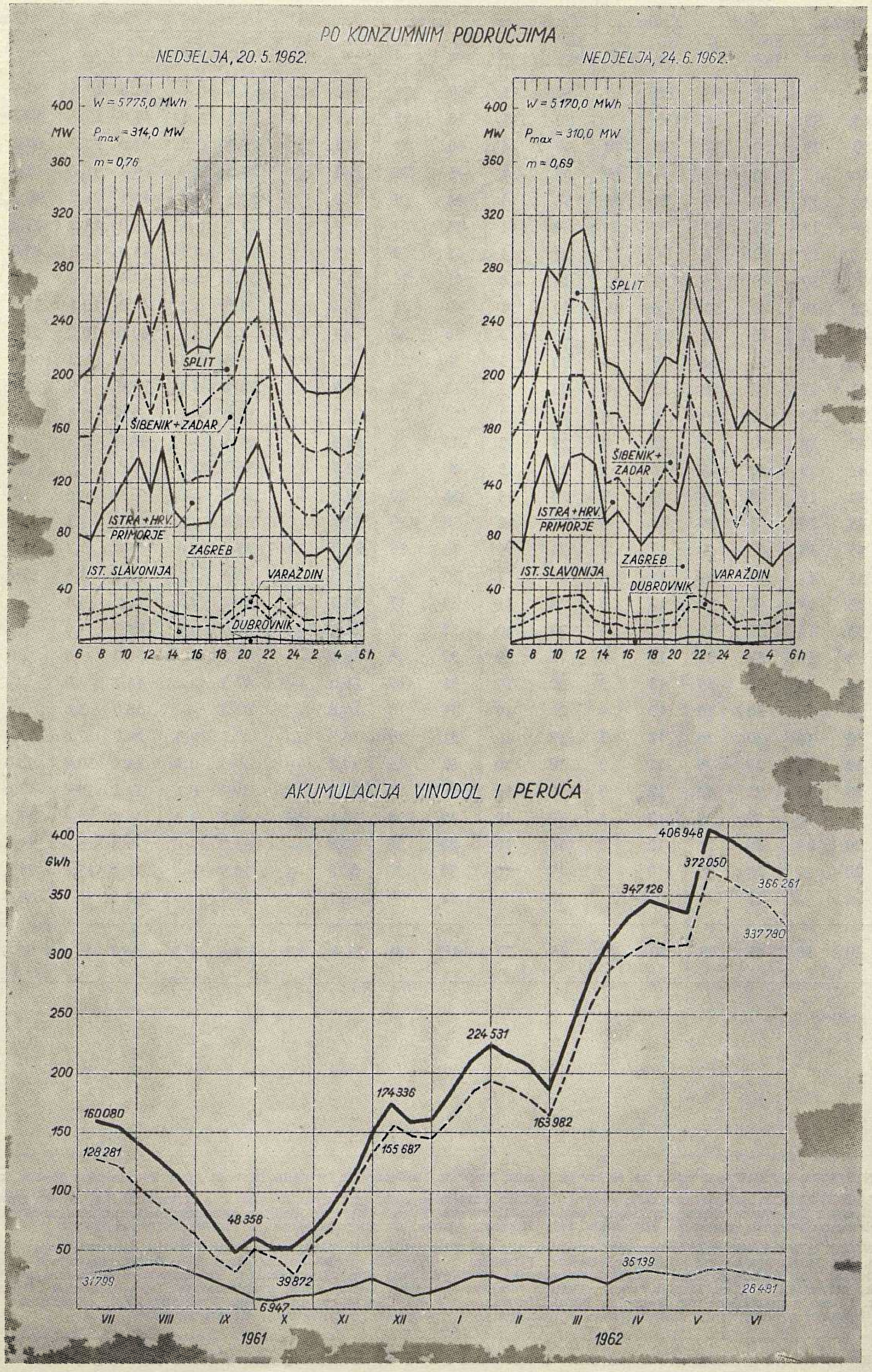
Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece svibanj i lipanj 1962.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
5. 1961.	100	97	101	101	103	98	100	98	103	96
6. 1961.	103	104	102	103	107	109	100	109	105	98
5. 1962.	105	102	108	107	103	105	114	98	106	107
6. 1962.	109	106	112	113	106	117	120	107	110	109

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 16. 5. i 20. 6. 1962.



TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 20. 5. i 24. 6. 1962.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece svibanj i lipanj 1962. u m³/s

Datum	Cetina						Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Peruća		Split		Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj	Svibanj	Lipanj
1	65	30	79	55	68	9	30	15	50	25	10,9	0,2	27,1	0,4	45,0	15,6	50,0	35
2	65	35	70	66	130	9	30	15	48	25	10,1	1,3	25,2	1,0	44,0	12,7	38,7	37
3	65	23	70	37	73	100	30	14	46	25	8,5	1,7	21,4	3,2	47,0	30,0	40,0	44
4	60	15	70	67	94	39	29	14	46	24	25,4	0,7	63,2	1,6	46,5	31,0	48,8	pr.
5	60	32	70	95	74	50	28	14	44	24	7,2	1,1	17,8	2,9	48,1	21,6	38,7	59
6	60	15	70	54	76	54	24	14	43	24	10,9	0,4	27,1	0,8	37,0	18,2	43,0	53
7	53	17	70	24	50	11	24	14	43	23	6,7	0,3	16,6	0,5	43,4	11,0	43,0	36
8	46	20	80	36	50	31	24	14	41	22	4,7	0,3	11,6	0,6	42,0	11,0	43,0	36
9	42	14	80	55	28	11	23	14	40	22	1,6	0,1	3,8	0,2	40,3	10,1	37,3	20
10	42	14	78	49	21	11	23	13	36	22	5,4	0,1	7,0	0,4	40,2	10,0	31,5	25
11	42	13	77	44	18	8	20	13	36	22	2,3	0,3	5,8	0,2	37,0	8,3	30,1	21
12	41	12	65	60	15	8	23	13	42	21	8,5	0,3	21,4	0,4	35,0	7,2	27,2	25
13	37	23	60	59	15	8	24	13	40	21	16,3	—	16,0	—	35,6	6,4	35,8	21
14	48	20	50	43	15	8	24	12	40	21	48,9	—	66,8	—	48,0	6,5	pr.*	23
15	43	15	50	48	16	8	24	13	40	20	92,7	0,1	133,7	0,2	100,5	4,3	,,	14
16	42	19	45	38	13	7	24	13	36	20	47,8	—	78,2	—	95,0	4,6	,,	18
17	35	16	43	35	12	8	24	12	36	19	32,6	—	47,8	0,1	46,3	5,1	,,	14
18	35	15	43	48	12	7	24	13	36	19	21,7	0,6	33,7	1,0	46,0	5,2	61,7	16
19	35	17	40	54	12	5	24	11	34	18	16,3	—	24,4	—	36,7	3,8	57,4	11
20	33	19	40	53	12	5	24	11	32	17	56,7	—	141,1	—	44,0	5,1	pr.	10
21	33	16	35	52	12	4	24	10	32	17	24,1	0,1	60,6	0,1	88,3	4,0	,,	10
22	33	16	32	53	12	6	21	10	32	16	28,0	—	69,8	—	51,0	3,6	,,	14
23	32	10	32	56	12	5	20	10	31	16	16,6	—	47,5	—	43,2	4,6	,,	14
24	30	10	30	40	12	6	20	10	31	15	16,8	—	34,2	—	33,0	3,6	,,	14
25	30	16	30	36	12	5	18	10	31	15	16,8	0,1	27,1	0,3	28,7	7,6	57,4	9
26	30	16	23	49	12	5	18	10	29	16	34,2	—	35,3	0,5	24,1	30,0	43,0	7
27	25	15	22	42	12	5	18	10	30	16	21,8	0,1	34,2	0,1	34,2	15,0	57,4	8
28	25	10	20	35	12	5	17	10	29	20	27,1	0,1	50,5	0,3	38,8	26,0	57,4	34
29	20	19	20	36	12	5	16	10	28	20	10,8	—	31,0	—	25,2	15,2	57,4	29
30	20	17	20	37	9	5	17	10	27	20	24,8	—	16,5	—	21,4	11,2	57,4	29
31	20		18		9		16		27		6,7		16,6		20,4		47,3	
Mjes. prosjek	40	18	49	48	30	15	23	12	37	20	21,4	0,3	39,1	0,5	44,1	11,6	32,4	23

* pr. = preljev

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zag reb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš Damjanić, glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

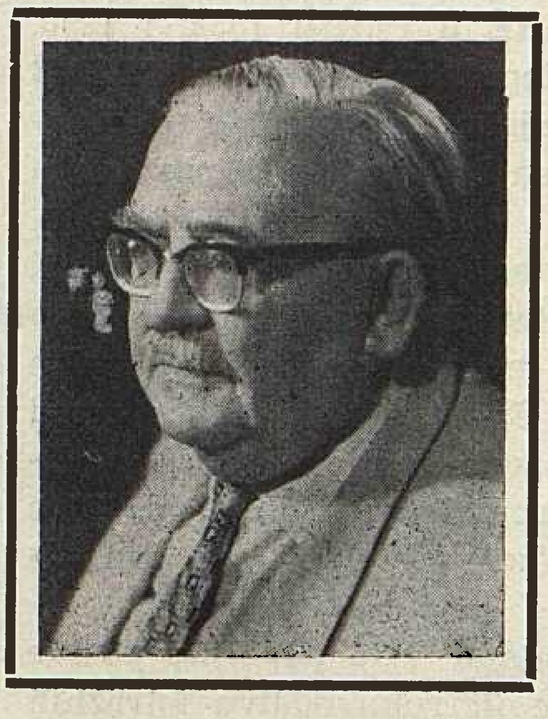
UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti,* ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Feöcze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: *Krešimir Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

OPASKA. U br. 5–6 greškom su otisnuti članovi uredništva i uprave i uredničkog odbora kao u prošloj godini.

GOD. 11 (1962) **energija** BROJ 9 — 10

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

Prof., dr ing. MILAN VIDMAR



Neminovni zakoni biološkog razvitka nenadano su istrgli iz naše sredine čovjeka - naučnika vanrednih umnih sposobnosti još u zamahu aktivne djelatnosti — ta samo dva dana prije smrti govorio je prijateljima kako je našao rješenje važnog problema, koje će revolucionarno djelovati na svom području. Nažalost, tajnu tog problema ponio je u grob. Milan Vidmar umro je 9. listopada u svom domu u Ljubljani, tiho i smireno, od napada srčanog infarkta. Tri dana kasnije predstavnici svih jugoslavenskih Akademija nauka, Univerziteta i ustanova, te veliki broj prijatelja i štovatelja odali su mu zadnju počast pri prijenosu u obiteljsku grobnicu.

Profesor Milan Vidmar duboko se zanosio, kad je vršio naučno-istraživačke radove i neobičnom je prodornošću nalazio konačne rezultate. Nekoliko je puta rekao piscu ovih redaka, kako eksperimentira u glavi i tako dolazi do traženih zaključaka. Imao je silnu brzinu mišljenja, a odlikovao se fantastičnom memorijom sve do svoje smrti. Još iza dužeg niza godina mogao je doslovce citirati donesene zaključke na nekom prijašnjem zasjedanju. U pismu i govoru iznosio je svoje misli jasno i previzno, iako možda katkada na širok način, i češće sam čuo, osobito u inozemstvu, kako su ga slušatelji nazivali tehničkim pjesnikom.

Rodio se u Ljubljani 22. lipnja 1885. i tu je svršio osnovnu i srednju školu. Upisao se zatim 1903. na Strojarski odjel Tehničke visoke škole u Beču (u to vrijeme tamo još nije postojao Elektrotehnički odjel), a drugi državni ispit položio je 1907. Promovirao je na istoj Visokoj školi za doktora tehničkih nauka 1910. disertacijom o teoriji centrifugalnih pumpi. Još se jednom vratio na svoju matičnu Visoku školu, kad je 1918. habilitirao za privatnog docenta.

Kod osnutka Tehničke visoke škole u Ljubljani 1919. bio je Milan Vidmar pozvan da kao redovni profesor preuzme predavanja na Odjelu za elektrotehniku. Na početku predaje i Teoretske osnove elektrotehnike, ali to naskoro prenosi na mlađe sile, a sam se potpuno posvećuje električnim strojevima. Od 1919. do 1949. bio je starješina Elektrotehničkog odjela, ali je u tom vremenu bio 5 godina dekan Tehničkog fakulteta (kad je Tehnička visoka škola prešla na Univerzitet), a školske godine 1929/30. rektor. Odličan pedagog i sjajan predavač znao je trajno vezati interes svojih slušača, kojima je bio očinski sklon ne samo za vrijeme studija nego i poslije napuštanja Univerziteta.

Kao izrazitog naučnika izabrala ga je Slovenska Akademija znanosti i umjetnosti 1940. za svog redovnog člana, a bio je u jednom periodu i njezinim predsjednikom.

Svoju karijeru počeo je Milan Vidmar u Tvornici električnih strojeva »Elin« u Weizu. No rad na detaljnim konstrukcijama nije mogao zadovoljiti stručnjaka tako širokih pogleda. Nakon kratkog vremena prelazi u tvornicu »Ganz« u Budimpeštu, gdje najuže surađuje sa ženijalnim izumiteljem transformatora O. T. Blaty-em i postaje njegovim ličnim asistentom. Strojarski inženjer po osnovnoj struci bavi se još strojarskim problemima do 1910, pa je i svoju doktorsku disertaciju uzeo iz tog područja. Značajan je njegov rad iz tog perioda o postavljanju tipskog reda za ventilatore (1910); on je tu postavio »zakone sličnosti« kod gradnje strojeva, koji su u praksi dobili ime »Vidmarova pravila«. Pod utjecajem svog učitelja Blaty-a on 1911. napušta definitivno strojarstvo i potpuno prelazi na područje elektrotehnike, gdje su ga transformatorski problemi učinili »svjetskim transformatorskim stručnjakom br. 1«, kako je to jednom prilikom rekao direktor transformatorske tvornice ACEC, g. Chevalier (1952). Međutim mu je još iz »strojarskog perioda« ostao osjećaj za proporcionalne odnose i ekonomičnost konstrukcija, pa je 1918. napisao knjižicu »Ekonomska izgradnja električnih strojeva« (Der wirtschaftliche Aufbau elektrischer Maschinen). Sjećam se iz vremena svog boravka u Berlinu kakovo je iznenađenje izazvala ta knjižica; činilo se, da je svima ta ekonomika bila jasna, ali je ipak bio potreban Kolumbo, da jaje postavi na šiljak!

Literarna mu je djelatnost bila neobično mnogobrojna. Napisao je 28 knjiga, a objelodanio preko 150 originalnih članaka u raznim evropskim časopisima. Savršeno je vladao dikcijom njemačkog jezika, pa je na njemu i napisao najveći dio svojih literarnih do-

prinosa. Najveće mu je priznanje donijela njegova opsežna knjiga o transformatorima (Die Transformatoren), koja je dugo godina bila osnov sveg znanja iz te struke i koja je izašla u tri izdanja (1921, 1925, 1956). Smatrajući očito, da je konstrukcija transformatora došla u završnu fazu, posvetio se tik prije drugog svjetskog rata problemima velikog prijenosa električne energije i napisao 1952. knjigu o oblikovanju električnih dalekovoda (Die Gestalt der elektrischen Freileitung). No još 1945. u svojoj knjizi »Transformacija i prijenos energije« uspješno je stavio u uzročnu vezu odnos problematike tih grana. U konačnoj fazi svojih studija postavio je princip »mehanički ekvivalentnih vodiča«, te predlagao izgradnju dalekovoda od čistog aluminija bez čelične jezgre. Taj princip za njegova života nije naišao na priznanje stručnjaka. U Jugoslaviji jedan je dalekovod 110 kV izgrađen po tom principu kao pokusni vod.

Po povratku u domovinu poslije prvog rata preuzeo je 1918. u zajednici s još nekim stručnjacima »Strojne livarne in tovarne« u Ljubljani želeći tu podići elektrotehničku industriju. No uslijed općih prilika onog vremena napustio je poduzeće i prešao na Tehničku visoku školu. Znak je neiscrpnog radnog elana Vidmarovog, da je uz profesorski poziv i naučna istraživanja i uz opsežnu literaturu djelatnost našao još vremena za praktičan rad u industriji. Bio je među ostalim i predsjednik upravnog odbora Jugoslavenskog Siemens d. d., a vršio je opsežne stručne ekspertize za mnoga inozemna i domaća poduzeća.

Poslije Oslobođenja stavio se u službu izgradnje zemlje i već ga 1945. vidimo na konferencijama u Ministarstvu teške industrije u Beogradu. Kasnije najuže sarađuje s Ministarstvom elektroprivrede, koje mu 1948. povjerava izgradnju saveznog elektroprivrednog instituta. Boreći se s velikim administrativnim i financijskim teškoćama uspio je konačno izgraditi znača jan »Inštitut za elektriško gospodarstvo« u Ljubljani i laboratorije opremiti potrebnim uređajima. Spomenuti treba veliki analizator za izmjeničnu struju od 50 Hz, na kojem se rješavaju problemi prijenosa i proizvodnje električne energije. I s elektroindustrijom je imao dodir i bio je povremeno konzulent »Rade Končara« i drugih poduzeća.

Za svoj opsežni rad Vidmar je primio mnogo priznanja. Udruženje Njemačkih Elektrotehničara (VDE) izabralo ga je za počasnog člana 1930, a Elektrotechnický Svaz Československý 1938. Republika Austrija odlikovala ga je 1931. Velikom počasnom medaljom. Prešernovu nagradu dobio je 1948, a nagradu Vlade FNRJ 1949. za izdana naučna djela. Orden rada I stepena primio je 1950.

Tehnička visoka škola u Beču na svečanim sjednicama podijelila mu je zlatnu diplomu inženjera 28. VI 1957, a zlatnu doktorsku diplomu 1. VII 1960. povodom 50-godišnjice diplomiranja odn. promocije.

Sudjelovao je često na međunarodnim stručnim sastancima, tako 1936. na III Svjetskoj konferenciji za energiju u Washingtonu, na Energetskom kongresu u Grazu 1937, a proslavi 20-godišnjice ESČ u Pragu 1938, te na konferencijama CIGRÉ u Parizu 1932. i 1950.

U Jugoslavenskom nacionalnom komitetu CIGRÉ bio je dugo godina predsjednik i aktivno je učestvovao u radu i na diskusijama kod godišnjih sastanaka komiteta.

Svoje posebne poglede na život i svijet iznio je Vidmar na sugestivan pripovjedački način u nekoliko interesantnih knjiga. Tako je na povratku iz Amerike napisao 1937. knjigu »Med Evropo in Ameriko«. Pred značajnim promjenama u socijalnim odnosima napisao je 1941. knjigu »Kraj doba zlatne vrijednosti« (Das Ende des Goldzeitalters), koja je doživjela dva izdanja.

Za života primao je Vidmar vrlo povoljne pozive iz inozemstva za profesure ili rukovodstva istražnih instituta, ali je on ostao vjeran domovini i odbijao sve te ponude stavljajući svoje snage na raspolaganje svom narodu.

Rijetko je koji veliki um tako potpuno ovladao dvjema toliko različnim i nesrodnim granama — elektrotehnikom i šahom. On je kao šahovski velemajstor postigao svjetski vrhunac ovog umijeća. Zadnjih godina napisao je opsežnu knjigu o šahu, koja je u šahovskom svijetu postigla izvanredne recenzije.

Milan Vidmar je otišao, ali je među nama ostavio »spomenik trajniji od mjedi, viši od piramida, koji ne će razoriti ni godine ni zub vremena«.

Prof. ing. Vladimir Žepić

OPTIMALNO ENERGETSKO KORIŠĆENJE ZEMNOG PLINA NA PODRUČJU NR HRVATSKE

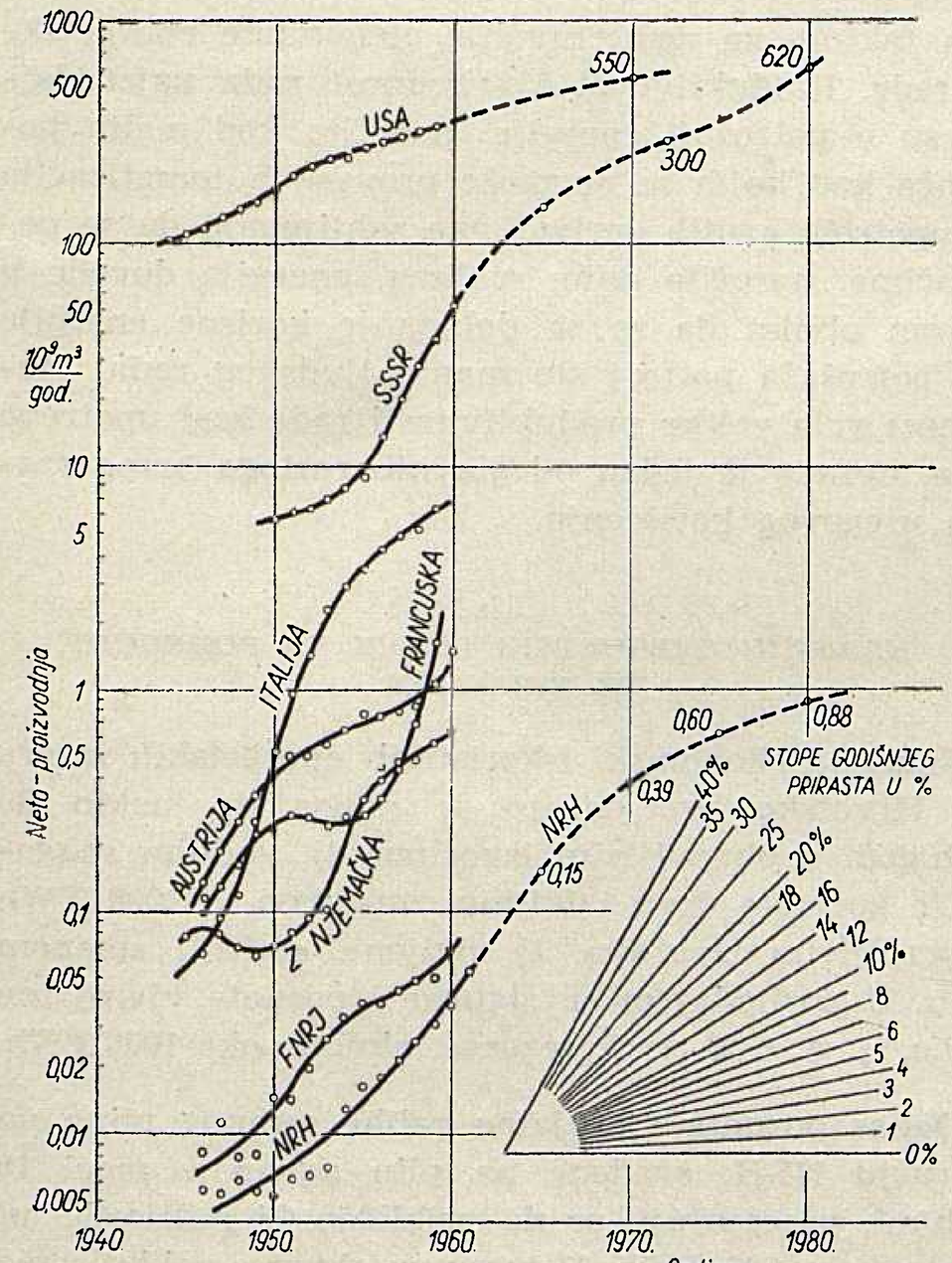
Ivo Jamnicki, Zagreb

Daju se rezultati analiza koje su vršene u toku 1961. u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu zbog utvrđivanja najpovoljnijeg korišćenja zemnog plina u NR Hrvatskoj. Navode se podaci o energetskim izvorima i potražnji energije te o razvoju dosadašnje proizvodnje i korišćenja plina u NR Hrvatskoj, uz usporedbu s razvojem u ostalim zemljama. Iznose se faktori koji usmjeravaju pravilno korišćenje plina i daje se plan za razvoj njegovog korišćenja sve do kraja ovog stoljeća. Ekonomija energetske upotrebe plina navodi se u usporedbi s upotrebom drugih goriva i električne energije i to u cjelini i pri korišćenju u domaćinstvu, komunalnoj potrošnji, na parnim kotlovima i industrijskim pećima uključivo onih u kojima se plin kemijski prerađuje u nove proizvode.

DK 662.69 (497.13)

1. ZNAČAJ ZEMNOG PLINA

Zemni plin koji je početkom ovog stoljeća sudjelovao u svjetskoj energetskoj privredi sa manje od 1 %, pokriva danas oko 13 % ukupne svjetske potrošnje energije. Velika brzina porasta proizvodnje zemnog plina vidi se iz priloženog grafičkog prikaza u sl. 1.



Sl. 1. Porast proizvodnje zemnog plina

Industrijske zalihe u milijardama m³

Zemlja	Godina	Otvorene zalihe	Vjerojatne zalihe
SAD	1959.	7500	28.000
SSSR	1959.	1500	21.000
Kanada	1959.	755	14.000
Italija	1959.	130	
Francuska	1959.	112	
(Sahara)	1959.		800
Austrija	1959.	25	
Njemačka	1959.	26	
NR Hrvatska	1960.	4	22

Eksplozivno brzi razvoj upotrebe zemnog plina prouzrokovan je naglim razvojem tehnike dobivanja plina, brzim porastom vrijednosti ljudskog rada i pronalaskom velikih izvora toga plina, kao i malim troškovima njegove dobave te praktički nikakvim utroškom ljudskoga rada pri njegovom korišćenju. Naprijed navedeno ukazuje na to da veliku pažnju razvoju privrede zemnog plina treba obratiti i u NR Hrvatskoj; tim više što je ona siromašna na ugljenu, koji je u svjetskoj i jugoslavenskoj energetskoj privredi još uvijek najznačajniji izvor energije.

Zemni plin i iz njega dobiveni gradski plin imaju danas još vrlo mali udio u energetskoj privredi u NR Hrvatskoj. Nerazvijenost plinske energetske privrede NR Hrvatske vidi se najbolje iz niže prikazane usporedbe sa SAD.

Usporedba plinske privrede NR Hrvatske i SAD

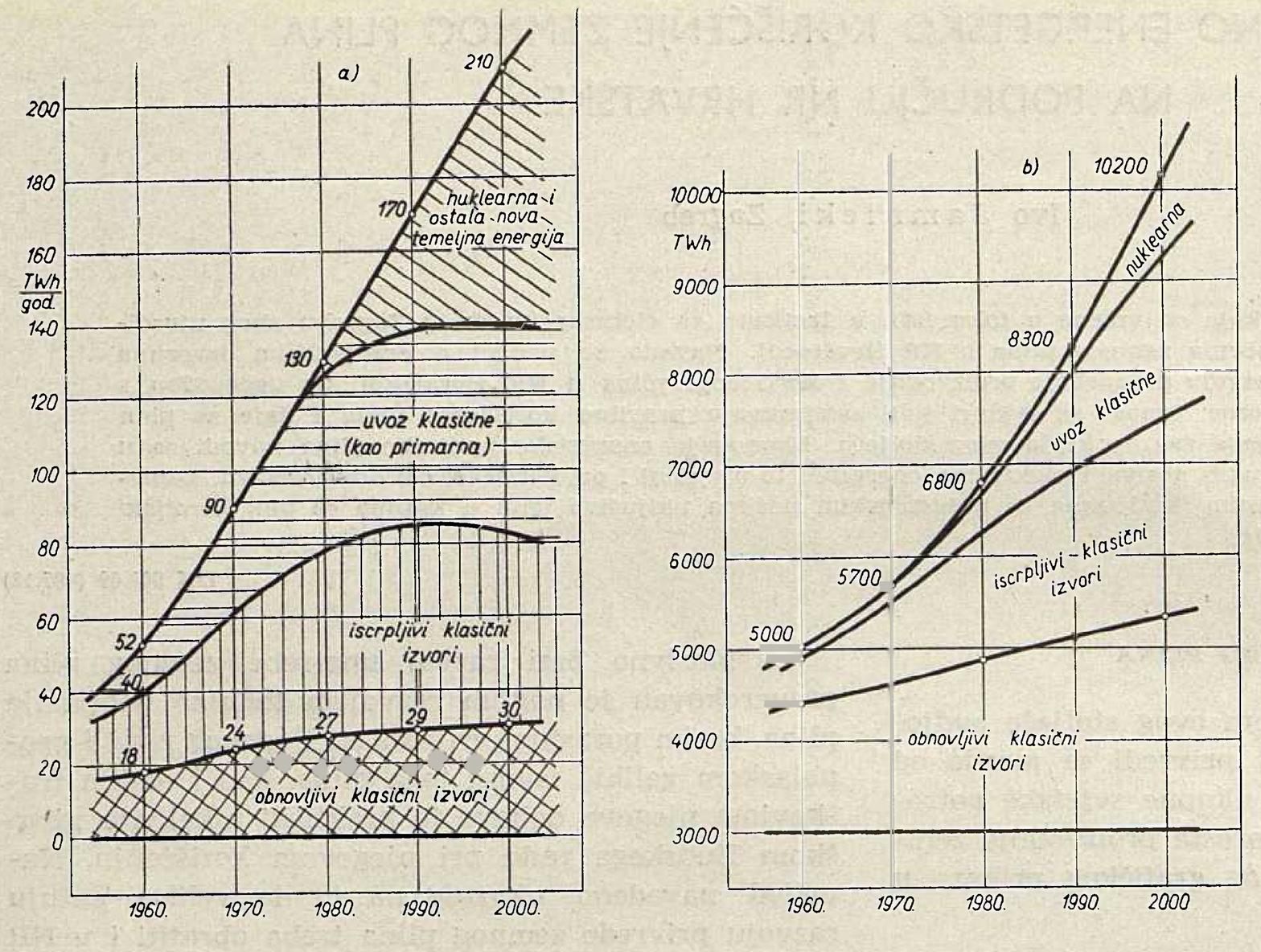
Usporedbene veličine	Jedinica	NRH 1960	SAD 1958
Iskorišćeni zemni plin	mrd m³/god.	0,05	312
Udio u proizvodnji energije (bez bilja)	%	1,3	31
Glavni plinovodi	1000 km	0,3	920
Priključena domaćinstva	milijuna	0,03	29
Potrošnja domaćin., ukupna	mrd m³/god.	0,01	76
Potrošnja domaćin.. specif.	m³/dom, god.	300	2600

Ova usporedba, kao i razvoj plinske privrede u brojnim drugim zemljama, ukazuju na to da treba čim prije pristupiti pojačanom korišćenju zemnog plina, sve do granice koju dozvoljavaju poznati raspoloživi izvori.

Sigurne zalihe zemnog plina NR Hrvatske iznose oko 1000 m³ po stanovniku naprama 5000 m³ po stanovniku u svjetskom prosjeku. Poznate zalihe zemnoga plina mogu pokriti samo mali dio energetskih potreba NR Hrvatske. Stoga je vrlo važno da se te zalihe koriste optimalno.

2. OSNOVE UTVRĐIVANJA OPTIMALNOG KORIŠTENJA ZEMNOG PLINA

Najvažnija osnovica za utvrđivanje optimalnog korišćenja zemnog plina morao bi biti dugoročni plan razvoja energetske privrede NR Hrvatske. Taj plan



Sl. 2.

a) Potražnja i podmirenje temeljne energije NR Hrvatske uključivo izvoz i uvoz

31. 12. 1960. poznati vjerojatni komercijalni energetski izvori područja NR Hrvatske

obnovljivi: 31 TWh/god.
iscrpljivi: 2000 TWh

b) Utrošak temeljne energije NR Hrvatske po izvorima

Polazni utrošak energije područja NR Hrvatske tj. ukupni utrošak do 1960. procijenjen je sa 5000 TWh

nažalost još ne postoji. Zbog toga se ono moralo zasnivati na ispitivanju utjecaja slijedećih glavnih faktora koji djeluju na ekonomiku upotrebe zemnog plina.

1) Društveni i privredni razvoj NRH.
2) Energetske karakteristike područja NRH.
3) Ekonomika razvoja energetske privrede NRH.
4) Produktivnost i vrijednost rada u energetici.
5) Tehničke i ekonomske karakteristike zemnog plina.

Utvrđivanje optimalnog korišćenja zemnog plina moguće je samo na osnovu predviđanja dugoročnog razvoja njegove upotrebe. Zbog toga se najprije predvidio dugoročni razvoj naprijed navedenih faktora; sve do kraja ovoga stoljeća. Na osnovu toga utvrđene su i smjernice i izrađen je plan razvoja korišćenja zemnog plina sve do kraja stoljeća.

Sve u članku iznesene vrijednosti vezane su na predviđeni društveni i privredni razvoj NR Hrvatske. Vrijeme je uvijek samo pomoćni parametar preko kojega se razvoj korišćenja zemnog plina veže na opći društveni i privredni razvoj.

Utvrđivanje potražnje energije i njezinog podmirenja zasniva se na slijedećem društvenom razvoju područja NR Hrvatske.

Godina	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.	Jedinica
Broj stanova	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	milijuna
Broj stanovnika	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	milijuna
Društveni proizvod	0,78	1,53	2,75	4,50	6,70	bilij. Din/god.
Radni sati	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	mrd h/god.
Vrijednost rada	160	310	550	880	1300	Din/h.

Povećavanje produktivnosti i vrijednosti rada s povećavanjem narodnog dohotka jedan je od najbitnijih faktora za usmjeravanje cjelokupne energetske privrede. Produktivnost i vrijednost rada najznačajniji su u potrošnji energije; naročito kod malih potrošača kod kojih se ne može provesti automatizacija pri upotrebi krutih goriva. One zahtijevaju da se potrošačima, naročito onim malima, energija dovede u takvom obliku da se za dobivanje korisne energije kod potrošača potroši što manje ljudskog rada. Mogućnost vrlo velike produktivnosti rada kod upotrebe plina, upravo je jedan od glavnih razloga brzog razvoja njegovog korišćenja.

3. KLASIČNI ENERGETSKI IZVORI NA PODRUČJU NR HRVATSKE

Energija ekonomski iskoristivih energetskih izvora NR Hrvatske procjenjuje se danas na nekih 30 TWh/god. u obnovljivim izvorima, tj. vodnim snagama te gorivom drvu i biljnim otpacima, a 2000 TWh u iscrpljivim izvorima, tj. ugljenu, nafti i zemnom plinu. U posljednjem su sigurne i poznate vjerojatne zalihe, tj. A + B + C_1 rezerve, ukupno oko 1000 TWh.

Danas poznate vjerojatne zalihe zemnog plina na području NRH, svedene na plin ogrjevne moći 10 kWh/m³, procjenjuju se na približno 24 milijarde m³ s energijom 240 TWh. U tomu su sigurne zalihe samo 5 milijarda m³ s energijom 50 TWh.

4. RAZVOJ POTROŠNJE ENERGIJE NA PODRUČJU NR HRVATSKE

Potrošnja korisne mehaničke, toplinske i električne energije, te temeljne energije u primarnim i uvezenim sekundarnim nosiocima energije za njezinu proizvodnju, iznosila je na području NR Hrvatske u 1960. oko

korisna energija	20 TWh/god.
temeljna energija	52 TWh/god.

Navedenu potrošnju temeljne energije podmirili su slijedeći izvori:

Temeljna energija NR Hrvatske 1960.

Nosilac energije	Energija u TWh/god.		
	Vlast.	Uvoz	Svega
Voda	2	0	2
Drvo i otpaci	16	0	16
Ugljen	12	4	16
Koks	0	2	2
Nafta	9	4	13
Plin	1	0	1
El. energija	–	1	1
Ostalo	0	1	1
Svega	40	12	52

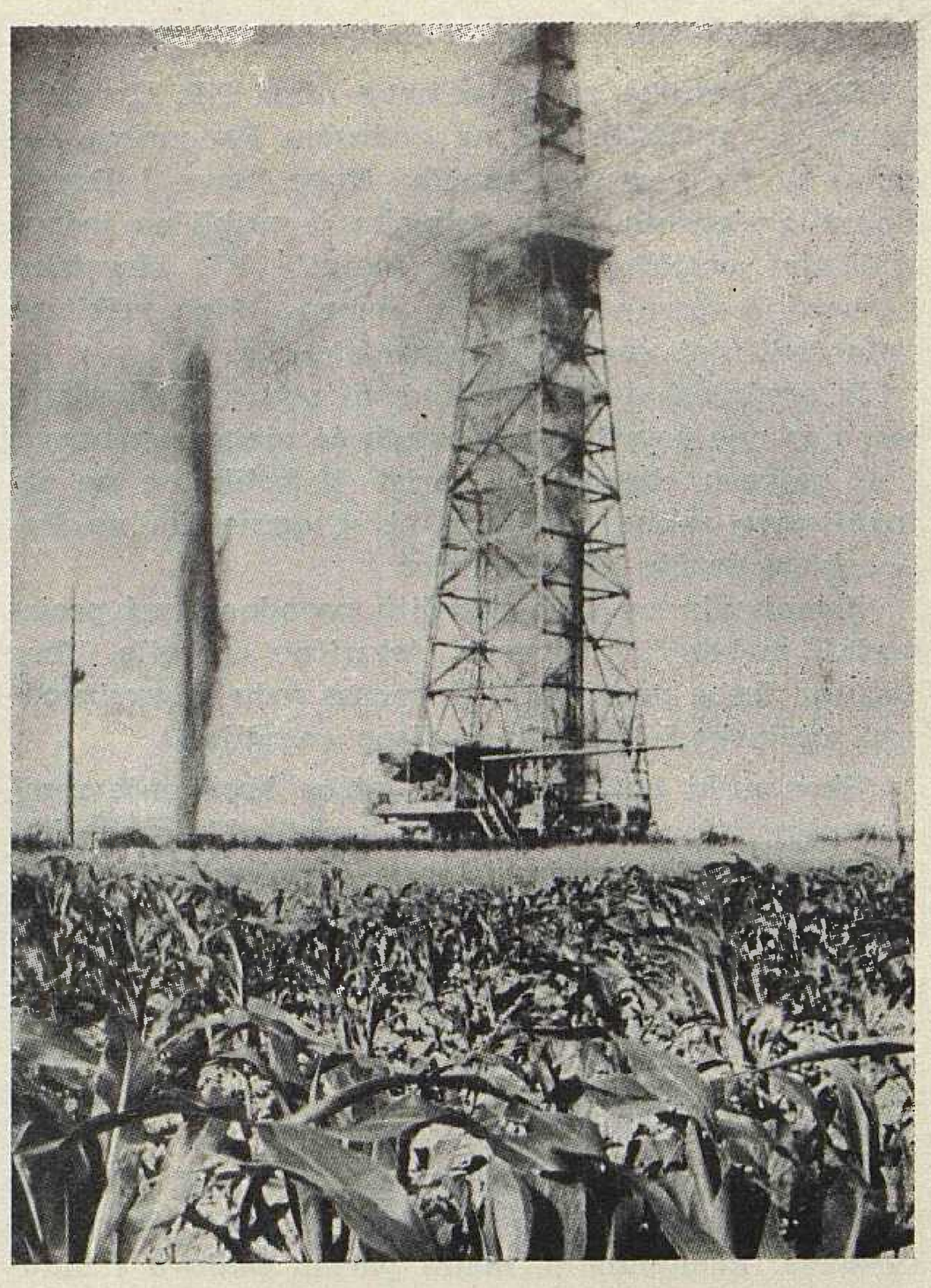
U uvozu je obuhvaćena i dobava iz ostalih Narodnih republika Jugoslavije.

Već uz vrlo umjereni društveni razvoj, može se krajem stoljeća očekivati potražnja energije od oko

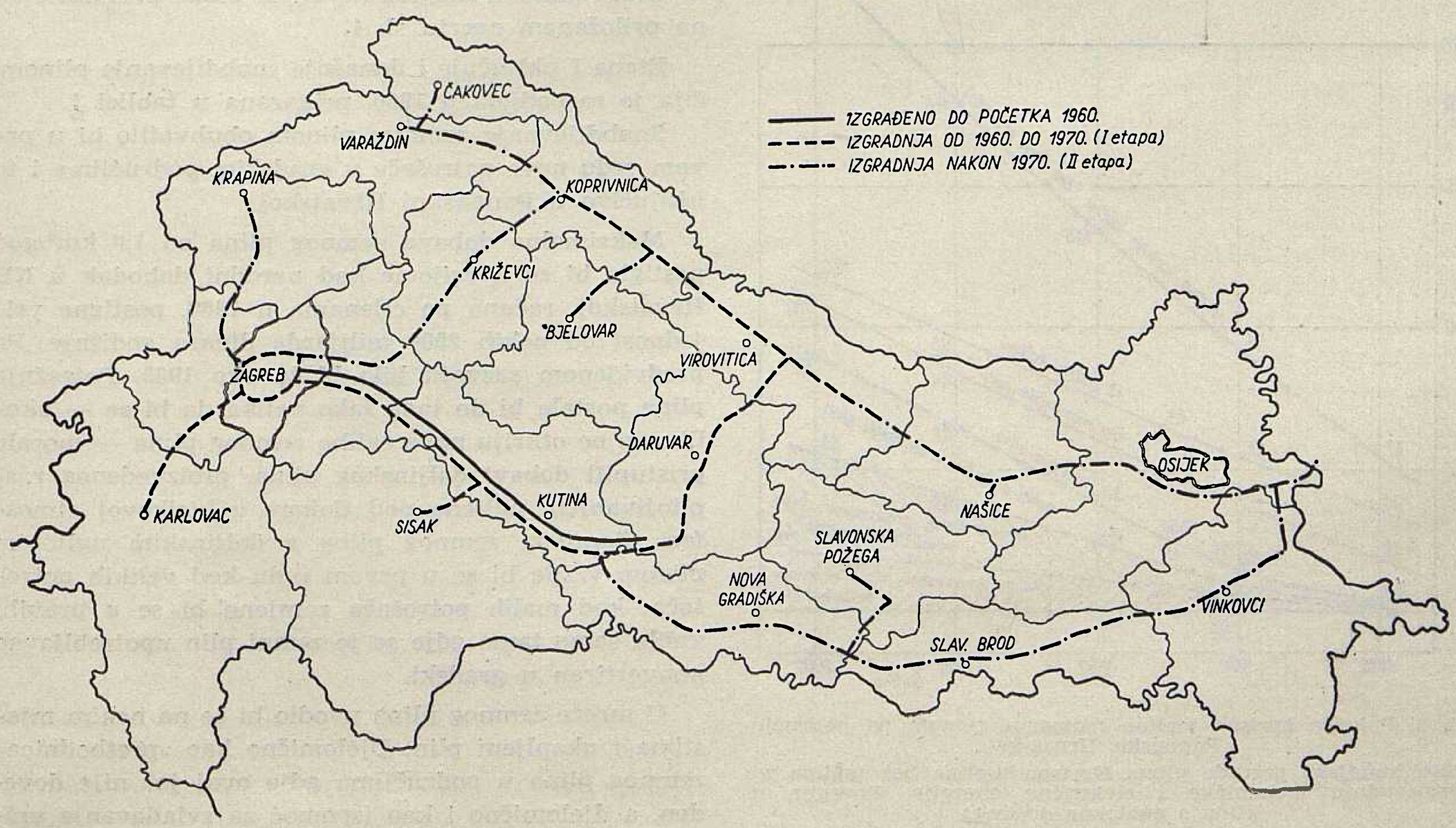
korisna energija	70 TWh,
temeljna energija	200 TWh.

Očito je da su danas poznati klasični izvori NR Hrvatske daleko premaleni da bi mogli podmiriti predvidivu potražnju energije. NR Hrvatska će morati pojačati uvoz energetskih nosilaca i hitno pristupiti proizvodnji energije nuklearnim putem.

Predviđanje razvoja potražnje energije i njezinog podmirenja, prema procjeni autora, navedeni su grafički u slici 2. U njoj je pokazan i sumarni potrošak energije po izvorima; pri tomu je ukupni utrošak temeljne energije današnjeg područja NR Hrvatske do 1960. ocijenjen sa 5000 TWh.



Sl. 3. Erupcija plina u Struščcu



Sl. 4. Glavne magistrale zemnog plina
Vremenski razvoj izgradnje

5. SMJERNICE ZA KORIŠĆENJE ZEMNOG PLINA

Danas poznate zalihe zemnog plina NR Hrvatske nalaze se praktički sve na području Panonskog bazena, tj. na području između Kupe, Save i Drave. Energija sigurnih zaliha jednaka je približno jednogodišnjoj potrošnji ukupne energije NR Hrvatske, a energija vjerojatnih zaliha zemnog plina približno jednogodišnjoj energiji krajem stoljeća.

Iz prednjega je očito da zemni plin treba koristiti samo za one potrošače kod kojih će njegova upotreba dati najveću ekonomsku korist. U koliko se ne otkriju nove zalihe, upotreba bi se ograničila na Panonsko područje NR Hrvatske.

Zemni plin ne daje naročitu pogodnost pri proizvodnji mehaničke odnosno električne energije. Zbog toga ga treba upotrijebiti u prvom redu za proizvodnju toplinske i kemijske korisne energije.

Ekonomski optimalno energetsko korišćenje zemnog plina, tj. ne promatrajući korist od njegove kemijske prerade, postizava se pri proizvodnji toplinske i kemijske energije samo gdje ono omogućuje:

veliku uštedu radne snage pri proizvodnji korisne energije,
zamjenu drugih skupljih goriva,
veliku gustoću potrošnje plina.

Zemni plin treba stoga koristiti u prvom redu kao kemijsku sirovinu te kod malih potrošača, tj. domaćinstava, komunala te malih parnih kotlova i industrijskih peći. Na velikim industrijskim pećima treba ga upotrebljavati samo uz mogućnost redukcije ili obustave upotrebe plina u zimsko vrijeme, kada je potrošnja zemnog plina malih potrošača najveća. Na velikim parnim kotlovima može se plin ekonomski upotrebljavati samo kao rezerva i za korišćenje eventualnog viška proizvodnje naftnog plina nad potrošnjom.

Kod izrade plana razvoja korišćenja zemnog plina treba paziti na to da dostava plina potrošačima zahtijeva veliku mrežu plinovoda. Ekonomika dostave plina potrošačima zahtijeva stoga što veću gustoću potrošnje plina. Zbog toga se s dobavom plina potrošačima mora ići postepeno, a u području u koje je plin doveden treba uključiti sve naprijed navedene potrošače.

6. SNABDIJEVANJE ZEMNIM PLINOM

Na osnovu navedenih smjernica za korišćenje zemnog plina izrađen je u Institutu za elektroprivredu Zagreb plan razvoja korišćenja zemnog plina. Plan je razdijeljen u dvije etape.

U I etapi priključuje se na korišćenje zemnog plina područje koje je najbliže izvorima zemnog plina. Izgradnja postrojenja za dobavu i korišćenje zemnog plina I etape traje približno do 1970. Maksimalna dobava plina u mrežu ove etape postigla bi se oko 1975. i iznosila bi oko 0,6 milijarda m³ godišnje. U postrojenjima I etape utrošilo bi se oko 16 milijarda m³ od ukupno raspoložive zalihe od 24 milijarde m³. Pored toga oko 2 milijarde m³ otpadnih rafinerijskih i industrijskih plinova.

U II etapi izgradila bi se plinska mreža po cijeloj ostaloj Panonskoj Hrvatskoj. Glavna gradnja mreže trajala bi od 1971. do 1980. Vršna dobava u tu mrežu bila bi oko 0,4 milijarde m³ godišnje. U ovoj mreži iskoristilo bi se oko 8 milijarda m³ zemnoga plina.

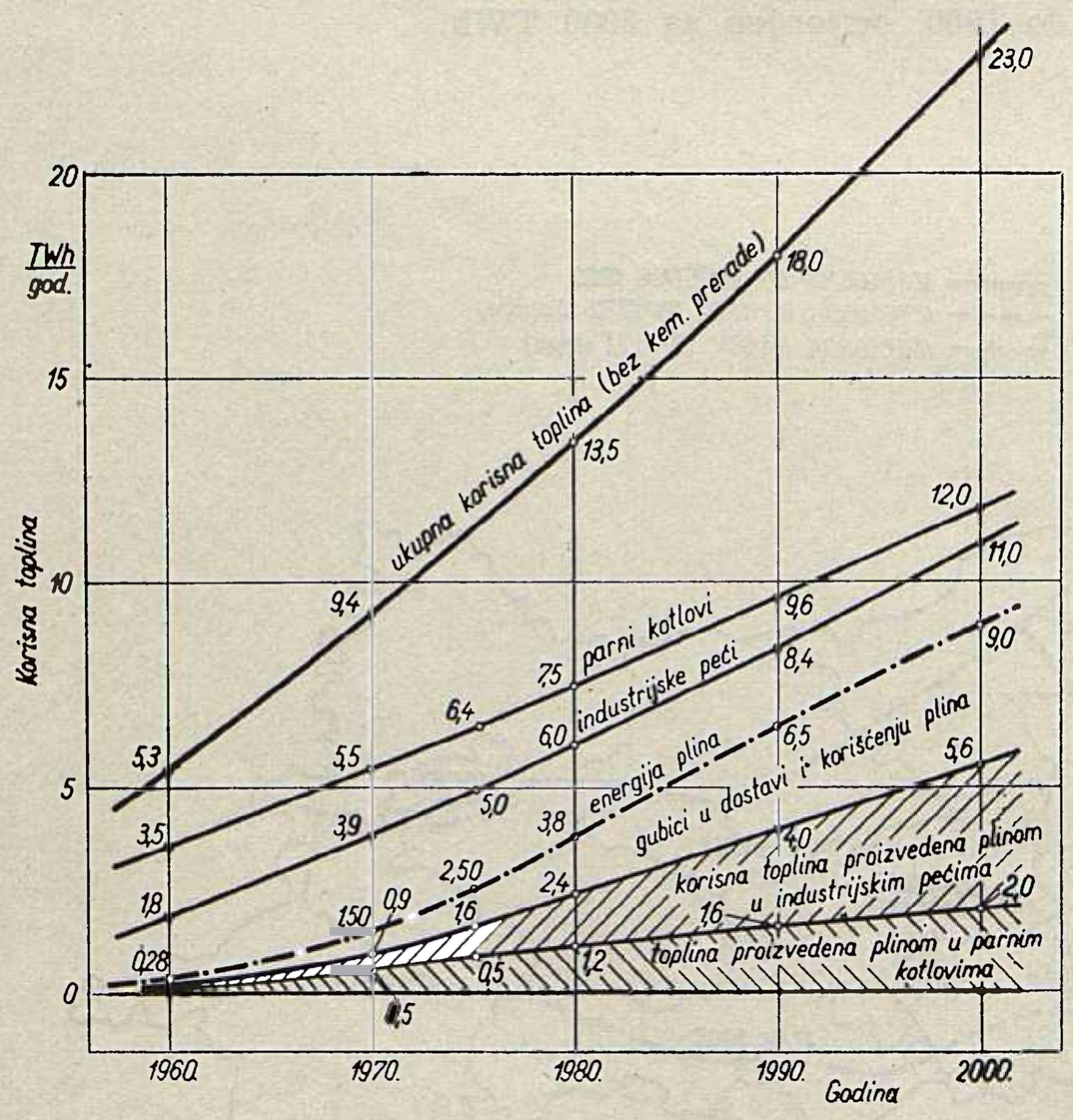
Trase glavnih magistrala I i II etape prikazane su na priloženom nacrtu sl. 4.

Etapa I uključuje i današnje snabdijevanje plinom, čija je raspodjela u 1960. prikazana u tablici 1.

Snabdijevanje zemnim plinom obuhvatilo bi u prvom redu nove potrošače u gradskim područjima i to isključivo u Panonskoj Hrvatskoj.

Maksimalna dobava zemnog plina od 1,0 km³/god postigla bi se u vrijeme kad narodni dohodak u NR Hrvatskoj, računa po cijenama u 1960, postigne vrijednost od nekih 2900 milijarda dinara godišnje. Po predviđenom razvoju bilo bi to oko 1983. Potražnja plina postala bi do tada tako velika da bi se — ukoliko se ne otkriju nove zalihe zemnog plina — moralo pristupiti dobavi daljinskog plina, proizvedenog rasplinjivanjem ugljena pod tlakom u kisikovoj atmosferi. Zamjena zemnog plina s daljinskim ugljenim plinom vršila bi se u prvom redu kod velikih potrošača; kod malih potrošača zamjena bi se u pravilu vršila samo tamo gdje se je zemni plin upotrebljavao konvertiran u gradski.

U mreže zemnog plina uvodio bi se na nekim mjestima i ukapljeni plin. Djelomično kao »prethodnica« zemnog plina u područjima gdje ovaj još nije doveden, a djelomično i kao ispomoć za svladavanje vršnih dnevnih opterećenja. U cilju svladavanja zimskih vršnih tereta reduciralo bi se korišćenje plina kod



Sl. 5. Pokriće korisne topline industrije plinom na području Panonske Hrvatske

(Bez kemijske prerade plina. Korisna toplina bez topline za proizvodnju mehaničke i električne energije. Energija u plinu s gubicima dostave)

a gubici u dostavi i korišćenju plina, *b* korisna toplina proizvedena plinom u industrijskim pećima, *c* toplina proizvedena plinom u parnim kotlovima

Raspodjela zemnog plina NR Hrvatske godine 1960.

Tablica 1

1) Proizvodnja

Izvor	10^6 m³/g	TWh/god.
Plinske bušotine	12	0,12
Naftine bušotine	66	0,86
Svega	78	0,98

2) Osnovna raspodjela

Izvor	10^6 m³/g	TWh/god.
Izgubljeno i spaljeno	33	0,34
Vraćeno u sloj	6	0,08
Vlastita potrošnja	5	0,06
Predano u mrežu	34	0,41
Svega	78	0,98

3) Prodaja i gubitak mreže

Potrošač	10^6 m³/g	TWh/god.
Industrija Kutina	16	0,18
Komunal. ustanova Kutina	4	0,05
Vel. ind. Zagreb + Sesvete	6	0,08
Gradska plinara Zagreb	7	0,09
Ostalo	0	0,00
Gubitak mreže	1	0,01
Svega	34	0,41

4) Raspodjela Plinare Zagreb

Potrošač	TWh/god.
Domaćinstvo + Komunal	0,05
Industrija	0,03
Gubitak mreže i konverzije	0,01
Svega	0,09

U prednjem nije uključen rafinerijski plin s energijom od 0,10 TWh/god. iskorišten u Rafineriji Sisak.

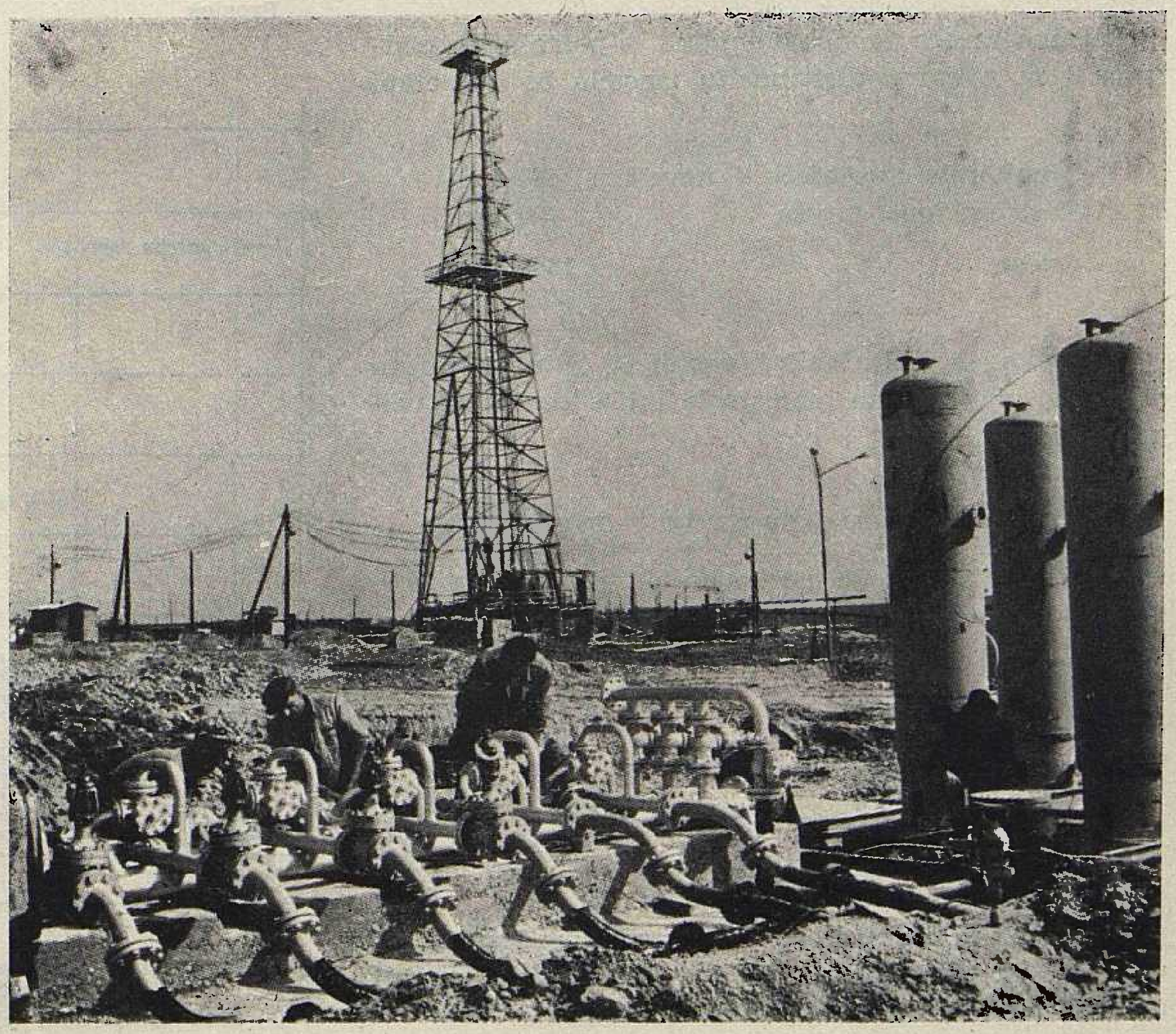
velikih potrošača i kod kemijske prerade plina. Udio plina u pokriću korisne energije u industriji prikazan je grafički na sl. 5.

Snabdijevanje plinom područja Panonske Hrvatske i iscrpljenje danas poznatih vjerojatnih zaliha zemnog plina prikazano je na sl. 7. Iz ovoga prikaza vidljivo je kako bi se u snabdijevanje plinom uvodio daljinski ugljeni plin. Odmah nakon uvođenja daljinskog plina započeo bi se njime zamjenjivati i zemni plin kod velikih potrošača. Ovo je potrebno da bi se zemni plin sačuvao za male potrošače kod kojih ne bi bilo zamjene u dogledno vrijeme. Ukoliko se u međuvremenu očekuju i utvrde nove zalihe, odgodila bi se naravno upotreba daljinskog ugljenog plina na još kasnije.

Snabdijevanje industrije plinom prikazano je u dijagramu na sl. 8, a podmirenje potražnje korisne energije u sektoru gradskog domaćinstva na dijagramu u sl. 9. Razvoj raspodjele zemnog plina na glavne sektore potrošnje prikazan je na dijagramu u sl. 10.

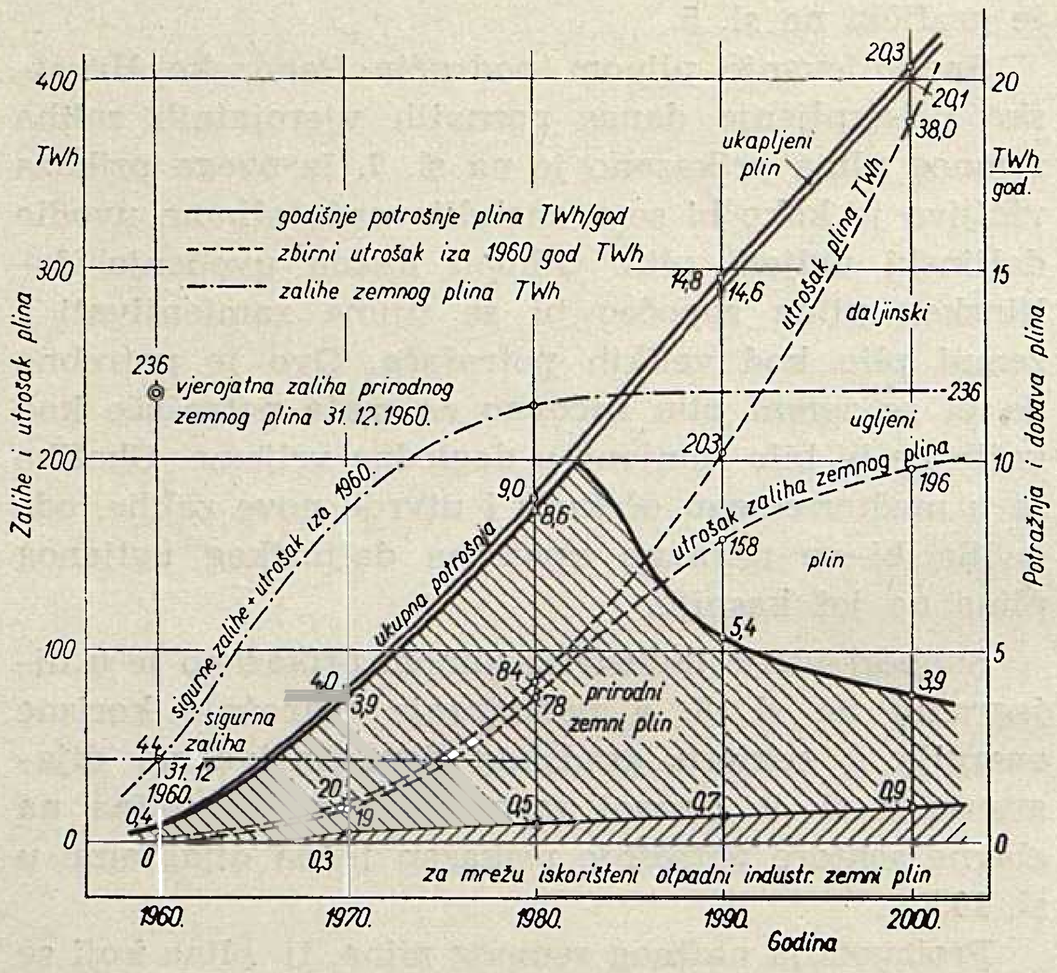
Proizvodnja naftnog zemnog plina, tj. plina koji se izlučuje pri proizvodnji nafte, ovisna je isključivo o proizvodnji nafte. Ovaj plin mora se ili potrošiti ili vratiti u sloj ili spaliti na baklji. Da bi se smanjili gubici, poželjno je stoga da potrošnja zemnog plina bude uvijek veća od dobivanja naftnog zemnog plina.

Dobava zemnog plina plinskoj mreži NR Hrvatske prikazana je u sl. 11. Iz slike se vidi da se za snabdijevanje mreže zemnog plina predviđa jedan dio otpadnih rafinerijskih i industrijskih visoko-ogrjevnih plinova. Njihovi dobavljači zamijenili bi u vlastitoj potrošnji te plinove teškim mazutom odnosno ugljenom.



Sl. 6. Sabirna stanica Stružec

Sl. 7. Snabdijevanje plinom područja Panonske Hrvatske



S postrojenjima I etape predviđa se slijedeće korišćenje plina:

Grupa potrošača	Proizvodnja plina mrdm 3/god.	Energija plina u TWh/god.		
		Proiz-vedeno	Dobavljeno potroš.	Korisna toplina
Domaćinstvo	0,08	0,80	0,74	0,56
Komunal	0,02	0,20	0,18	0,14
Mali kotlovi	0,03	0,30	0,28	0,20
Srednji kotlovi	0,09	0,90	0,85	0,64
Ind. peći	0,13	1,30	1,25	0,76
Kem. prerada	0,25	2,50	2,40	1,70
Svega	0,60	6,00	5,70	4,00

Duljina mreže za dobavu plina u potrošačka područja i za njegovu distribuciju iznosila bi u I etapi

Magistrale, postojeće i nove	460 km
Distribuciona mreža	700 km
Svega	1360 km

U ovom je uključena i postojeća plinska mreža koja ima oko 140 km magistrala i 150 km distribucionih vodova.

7. INVESTICIJE, TROŠKOVI I CIJENE

Za izgradnju novih postrojenja i uređaja za proizvodnju i dobavu plina do potrošača u I etapi potrebne su slijedeće investicije:

	mrd dinara
Proizvodnja plina	16
Magistrale	14
Distribucija	10
Razno	6
Svega	46

U ovome nije uključena vrijednost dosadašnjih investicija od cca 7 milijarda dinara i zatezni kamati u visini od 4 milijarde. U proizvodnji plina uključeni su medutim istražni radovi koji bi se u razdoblju od 1962. do 1970, kada se provode glavni radovi I etape, obavljali zbog utvrđivanja novih rezervi zemnog plina.

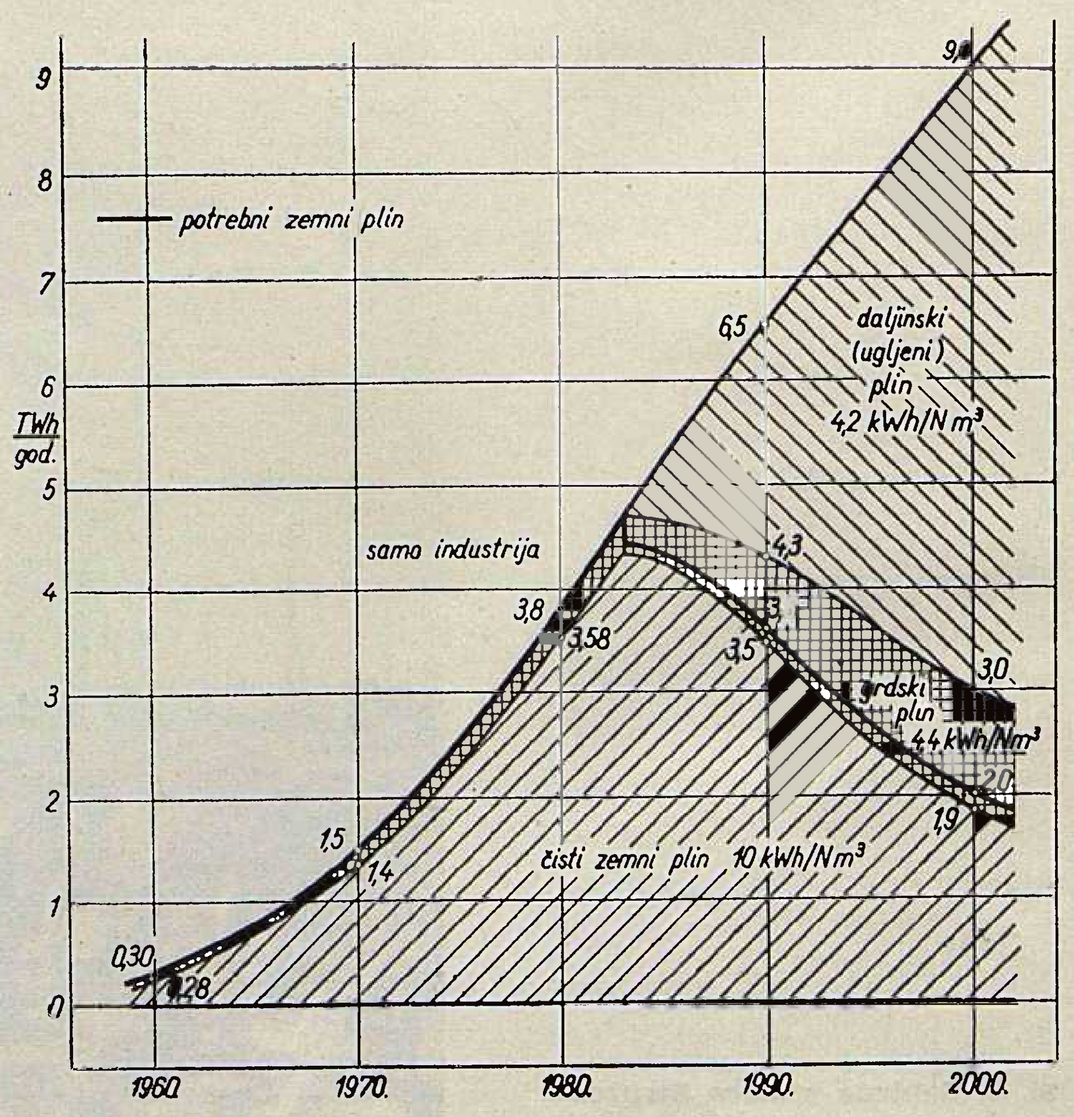
Godišnji troškovi, uključivši anuitete otplate zajma, iznosili bi:

	mrd dinara godišnje
Troškovi kapaciteta	6,6
Troškovi rada	1,2
Svega	7,8
Od navedenih troškova otpada na	
proizvodnju plina	3,6
magistrale	2,0
distribuciju	1,3
razno	0,9

Ekonomsku upotrebu zemnog plina u I etapi treba računati za prilike koje se mogu očekivati oko godine 1980, a kao sredinu razdoblja u kojemu će većina potrošača I etape upotrebljavati zemni plin.

Srednja cijena koštanja zemnog plina za pojedine grupe potrašača ovisi o veličini potrošača, njegovom smještaju te ravnomjernosti trošenja plina. Na osnovu terećenja pojedinih grupa potrošača s pripadnim investicionim troškovima i troškovima rada proizvodnje i dobave plina dobiju se slijedeće srednje cijene koštanja plina za pojedine potrošače:

Potrošačka grupa	Ravnomjernost 10^3 h/god.	Cijena koštanja Din/m^3
Domaćinstvo	1,8	34
Komunal	1.7	35
Mali kotlovi	2,0	22
Srednji kotlovi	3,0	13
Ind. peći	5,0	9
Kem. industrija	7,5	7,5
Prosjek	4,4	14



Sl. 8. Energija u plinu po vrsti plina na području Panonske Hrvatske za industriju
(Bez ukapljenih plinova, bez kemijske prerade)

Ekonomika korištenja zemnog plina za proizvodnju 4,0 TWh/god. korisne energije u 1980. Tablica 2

Troškovi, cijene i efekti izmjene	Jedinice mjere	Zemni plin	Daljinski plin	Tekuće gorivo	Ugljen + drvo	Elektr. energ.
Cijena dovedene energije	Din/kWh	1,4	3,4	2,3	1,5	9,8
Ukupni godišnji troškovi	mrd Din/god	11,7	23,5	18,3	24,0	33,0
Cijena korisne topline	Din/kWh	2,9	5,9	4,6	6,0	12,6
Efekti upotrebe zemnog plina						
Godišnji iznos	mrd Din/god	—	11,8	6,6	12,3	21,3
Cijene korisne energije	Din/kWh	—	3,0	1,7	3,1	8,3
Ekonomski faktor zamjene	Din/Din	1,0	2,0	1,6	2,1	2,9
Manipulativni faktor zamjene	h/h	1,0	1,0	2,1	8,6	1,2

U tablici navedene vrijednosti vrijede samo pri podmirivanju korisne energije potrošača u iznosima predviđenim za I etapu korišćenja zemnog plina

Efekti cijene i faktori zamjene električne energije zemnim plinom računani su bez kemijske prerade goriva.

8. EKONOMIKA KORIŠĆENJA ZEMNOG PLINA

Ekonomika korišćenja zemnog plina, u usporedbi s upotrebom daljinskog ugljenog plina, tekućih goriva, ugljena i drva te električne energije prikazana je u tablici 2.

Usporedba ekonomike korišćenja raznih nosilaca energije za podmirenje potrebne korisne topline pokazuje da bi zemni plin 1980. bio uvijek najpovoljniji. Iza zemnog plina najpovoljnije je tekuće gorivo, ukoliko se njegove današnje cijene do 1980. mnogo ne promijene. Vrijednost zemnog plina i njegovog korištenja određuju stoga troškovi podmirenja korisne energije kod upotrebe tekućih goriva.

Godišnja vrijednost upotrebe zemnog plina, određena kao razlika godišnjih troškova pri upotrebi tekućih goriva i zemnog plina, te granične cijene koje bi s obzirom na tu vrijednost smio imati zemni plin za pojedine grupe potrošača, prikazani su na tablici broj 3.

Glavno mjerilo koristi od upotrebe zemnog plina, promatrane za zemlju kao cjelinu, uvijek je vrijednost zemnog plina nad troškovima njegove dobave. Ovaj višak iznosi, prema tablici 3 približno:

Male industrijske peći i domaćinstvo	oko 20 Din/m³
Parni kotlovi, velike peći i kem. prerada	oko 9 Din/m³
Komunal	oko 5 Din/m³
Prosjek	oko 11 Din/m³

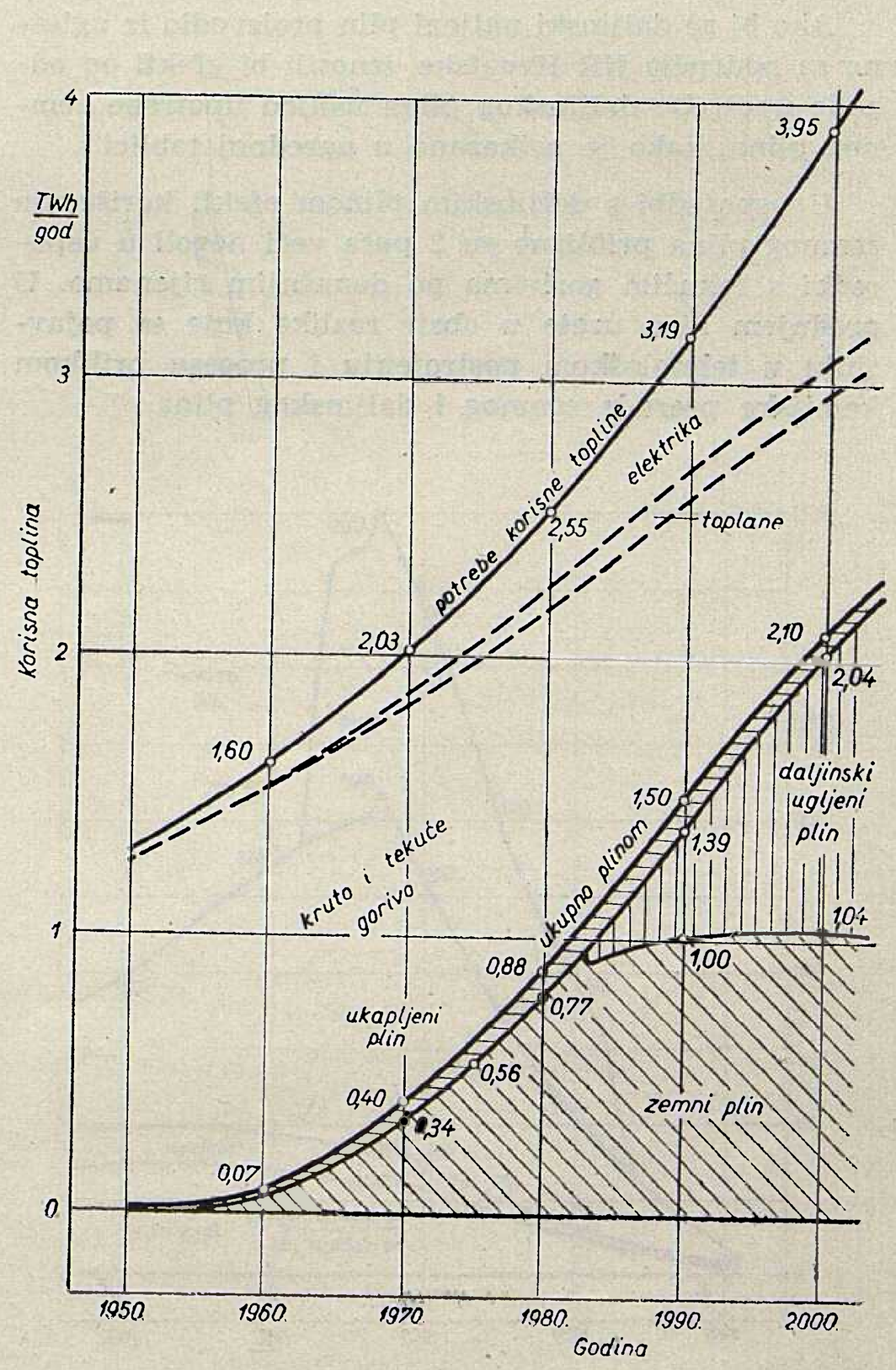
Napomenuti treba da su vrijednosti navedene u tablici 3 dobivene uz obračunavanje tekućih goriva po prodajnim cijenama, a ne po cijenama realnog koštanja njihove proizvodnje.

Navedene vrijednosti daju direktno energetsku ekonomiku upotrebe zemnog plina kod pojedinih potrošača. No raspodjela se ipak mora vršiti približno prema predviđenom planu za I etapu. U protivnom bi, zbog velikih vršnih sezonskih opterećenja, plinska mreža postala velikim dijelom godina neiskorišćena. To bi troškove dobave plina tako poskupilo da bi se cijela izračunana vrijednost upotrebe zemnog plina mogla sasvim izgubiti.

Granična cijena, tj. najveća za potrošače još ekonomična cijena, koja slijedi iz njegove vrijednosti za potrošača, najveća je za potrošačku grupu domaćinstvo. Za gradska domaćinstva granična cijena zemnoga plina 1980. bit će nešto preko 50 Din/m³. Danas ona — u odnosu na ugljen i drvo — iznosi oko 40 Din/m³ u prosjeku. Prosječna granična cijena zemnog plina kod svih potrošača zajedno iznosit će oko 25 Din/m³; od toga su 14 Din/m³ troškovi dobave, a 11 Din/m³ višak vrijednosti plina.

Ukupna vrijednost zalihe zemnog plina od 24 milijarde m³, računato na godinu 1980, iznosi 24 · 11 = = cca 260 milijarda dinara.

Pojačanje potražnje i upotrebe tekućih goriva na parnim kotlovima i industrijskim pećima dovest će, predvidivo već u bližoj budućnosti, do nestašice ložnih ulja. Ukoliko se ne bi koristio zemni plin, trebalo bi stoga već u bližoj budućnosti pristupiti upotrebi daljinskog ugljenog plina u vrlo širokom opsegu. Proizvodnja daljinskog ugljenog plina je međutim daleko



Sl. 9. Podmirenje potražnje korisne energije u sektoru gradskog stanovništva na području Panonske Hrvatske

Vrijednost zemnog plina — Tablica 3

Sektor potrošnje	Energija TWh/god	Godišnja vrijednost plina u milijardama dinara			Jednolična vrijednost zemnog plina			
		Troškovi	Efekt	Vrijednost	Troškovna Din/kWh	Višak Din/kWh	Granična cijena Din/kWh	Din/m
Domaćinstvo	0,74	2,53	1,37	3,90	3,4	1,8	5,2	52
Komunal	0,18	0,66	0,08	0,74	3,5	0,5	4,0	40
Parni kotlovi								
mali	0,28	0,61	0,32	0,93	2,2	1,1	3,3	33
srednji + veliki	0,85	1,09	0,71	1,80	1,3	0,8	2,1	21
Industrijske peći								
male + srednje	0,50	0,55	1,13	1,68	1,1	2,3	3,4	34
velike	0,75	0,56	0,70	1,26	0,8	0,9	1,7	17
Kemij. prerada	2,40	1,80	2,26	4,06	0,8	0,9	1,7	17
Svega / Prosjek	5,70	7,80	6,57	14,37	1,4	1,1	2,5	25

Navedene vrijednosti su prosječne vrijednosti za pojedine potrošačke grupe, a ne za pojedine potrošače.

skuplja od proizvodnje zemnog plina; zbog manje ogrjevne moći, koja u prosjeku iznosi 4,2 kWh/m³ naprama 10 kWh/m³ kod zemnog plina, veći su i troškovi njegovog transporta. Upotrebom zemnog plina namjesto daljinskog ugljenog postizavaju se stoga ogromne uštede i u investicijama i u troškovima rada.

Predviđena I etapa korišćenja zemnog plina odgađa upotrebu daljinskog plina za cca 10 godina, II etapa za daljnjih 8 godina. Umjesto 1965. bit će dovoljno ako se upotreba daljinskog zemnog plina započne oko godine 1983. Predviđanje podmirenja potražnje plina u industriji prikazano je u sl. 8, a korisne energije u sektoru domaćinstvo u sl. 9.

Ako bi se daljinski ugljeni plin proizvodio iz ugljena sa područja NR Hrvatske, iznosili bi efekti od odgode upotrebe daljinskog plina uslijed upotrebe zemnog plina, kako je prikazano u narednoj tablici.

U usporedbi s daljinskim plinom efekti korišćenja zemnog plina približno su 2 puta veći negoli u usporedbi s tekućim gorivima po današnjim cijenama. U prednjem nisu uzete u obzir razlike koje se pojavljuju u tehnološkom postrojenju i procesu prilikom kemijske prerade zemnog i daljinskog plina.

Investicije uključivši dobavu do potrošača mrd Din

Etapa	Daljinski	Zemni	Ušteda
I	90	46	44
II	72	49	23
Svega	162	95	67

Godišnji troškovi dobave plina u mrd Din/god.

Etapa	Daljinski	Zemni	Ušteda
I	19,6	7,8	11,8
II	14,9	8,2	6,7

Cijene energije dovedene potrošaču Din/kWh

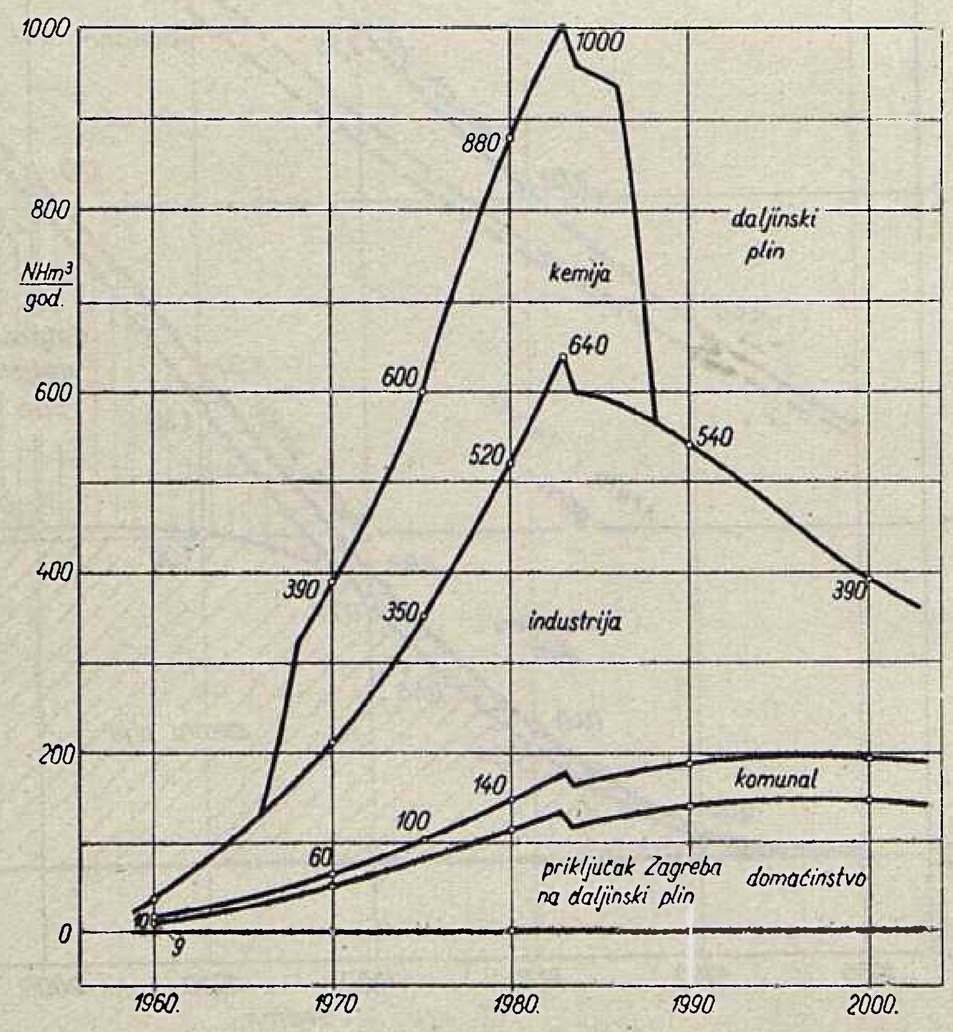
Etapa	Daljinski	Zemni	Ušteda
I	3,4	1,4	2,0
II	3,9	2,2	1,7

Vrijednost cjelokupnog zemnog plina

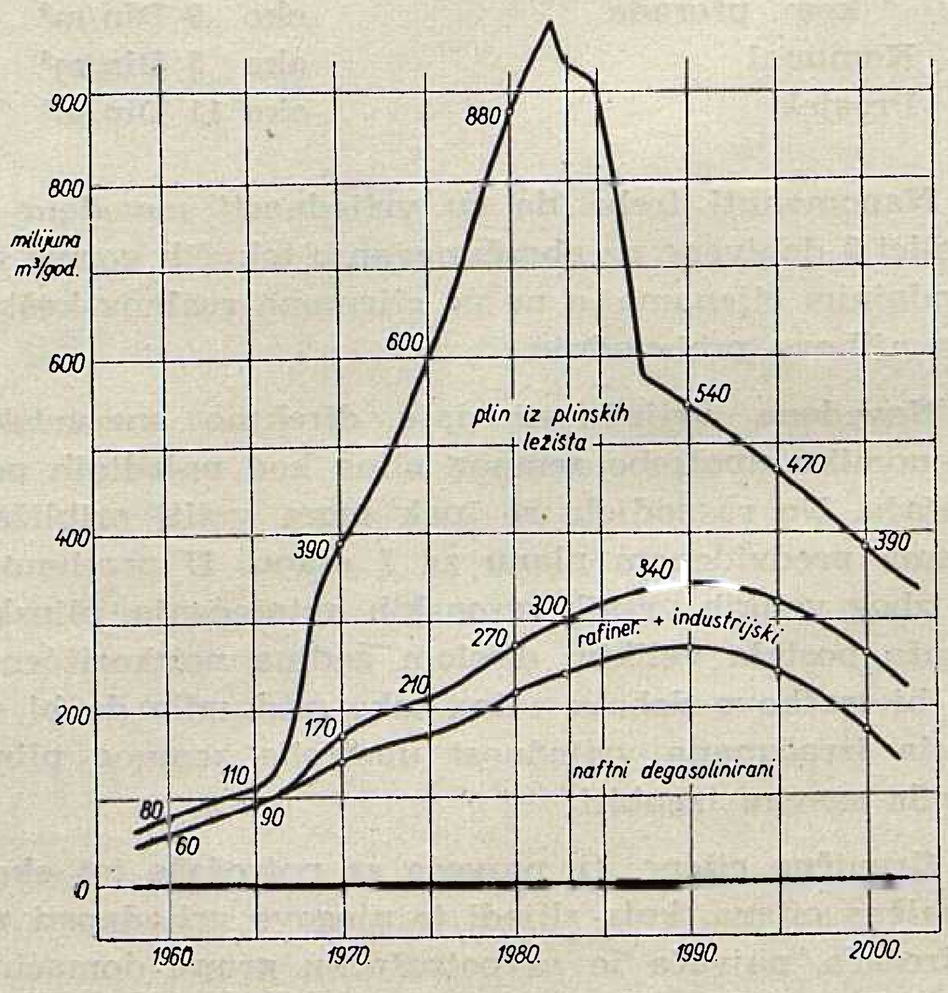
I etapa	18 km³ . 20 mrd Din/km³ = 360 mrd Din
II etapa	8 km³ . 17 mrd Din/km³ = 140 mrd Din
Svega	26 km³ . 19 mrd Din/km³ = 500 mrd Din

9. ZAKLJUČAK

Zemni plin čije danas poznate vjerojatne zalihe od 22 milijarde m³ s energijom od 240 TWh tvore oko 1/8 cjelokupnih komercijalnih iscrpnih energetskih izvora područja NR Hrvatske, ima veliki značaj u ener-



Sl. 10. Ukupna potrošnja zemnog plina po sektorima potrošnje Panonske Hrvatske uključivši pripadne gubitke dostave



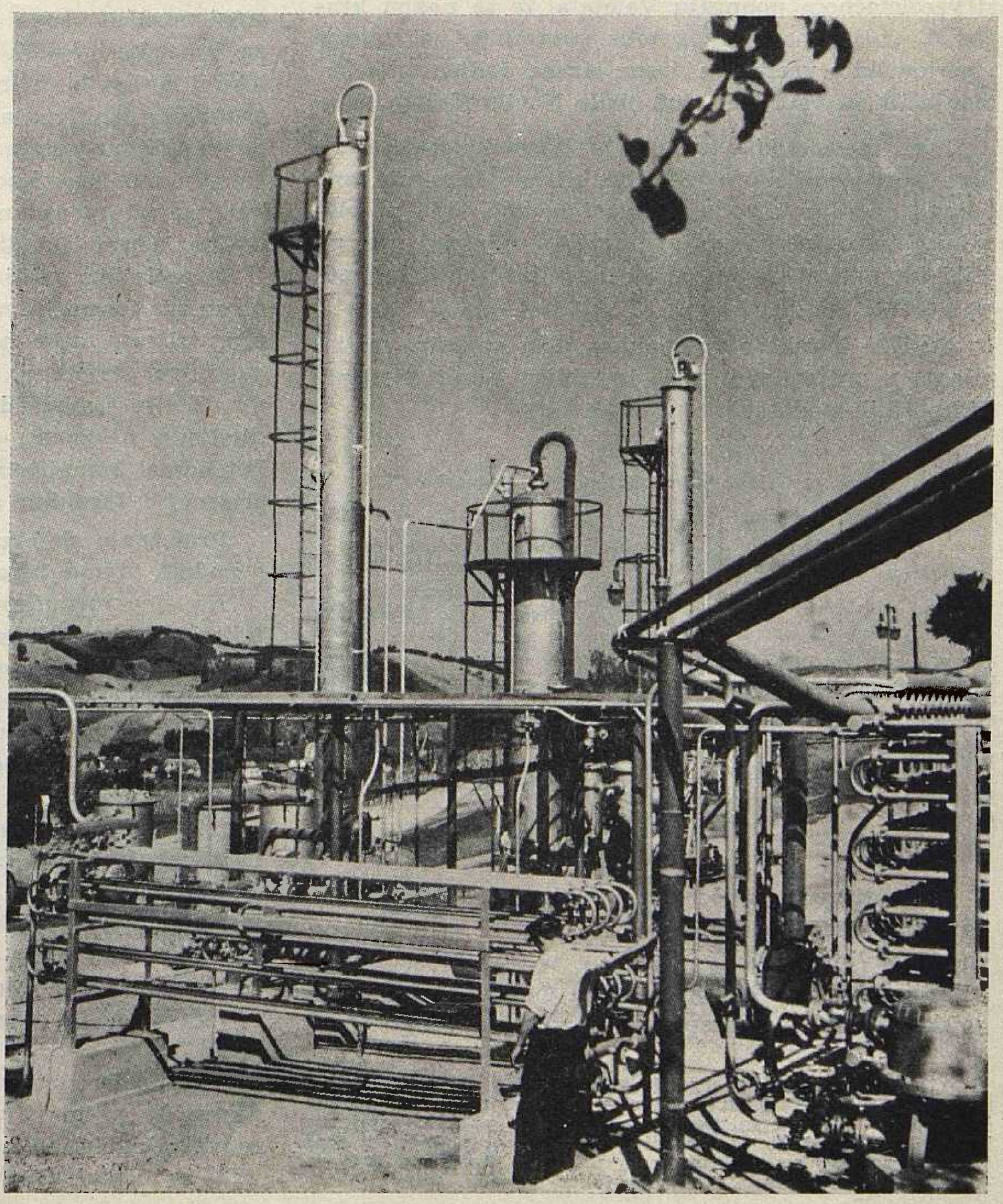
Sl. 11. Dobava zemnog plina plinskoj mreži NR Hrvatske

getskoj privredi Hrvatske. Niska cijena proizvodnje i neznatni utrošak rada pri korišćenju osiguravaju vrlo veliku ekonomiju njegove energetske upotrebe. Kod pravilnog korišćenja iznosi stoga vrijednost zemnog plina u ležištima preko 10 Din po m^3, a u usporedbi s daljinskim ugljenim plinom čak blizu 20 Din, tako da vrijednost poznatih vjerojatnih zaliha iznosi nekoliko stotina milijardi dinara. Privredna ekonomika nalaže stoga da se hitno pristupi široj upotrebi zemnog plina. U odnosu na ukupnu potražnju energije NR Hrvatske, koja već danas prelazi 50 TWh godišnje, zalihe zemnog plina su malene. Raspodjelu zemnog plina treba stoga podesiti tako, da njegovo korišćenje bude optimalno.

Literatura

1. *Statistički godišnjak FNRJ 1961.*
2. *Prvi rezultati popisa stanovništva od 31. 3. 1961.* St. bilten br. 203.
3. *Društveni plan privrednog razvitka Jugoslavije od 1961. do 1965.* Sl. list br. 53/1960.
4. *Društveni plan privrednog razvitka NR Hrvatske od 1961. do 1965.* Nar. novine br. 8/1961.
5. *Zemni plin na području Hrvatske,* Naftaplin 1961, (recenzija ing. Lazića)
6. *Informativni bilten industrije nafte FNRJ br. 12, 1960.*
7. *Izvještaj Saveta industrije nafte i plina za 1960 godinu.* Savezna ind. komora 1961.
8. *Zemni plin — Treći najveći izvor energije u svijetu.* Erdöl und Kohle, br. 2, 3, 4/1961. (Prijevod ing. Boranić).
9. *Potrošnja goriva u industriji NRH 1960.* Anketna statistika Statističkog zavoda NRH
10. *Potrošnja goriva u industriji NRH 1965. godine.* Anketna statistika Zavoda za privredno planiranje NRH 1961.
11. *Razvoj energetske privrede FNRJ.* Institut za elektroprivredu, 1959.
12. *Perspektivna opskrba energijom grada Zagreba.* Institut za elektroprivredu, 1960.
13. *Energetski tok NRH u god. 1959.* Institut za elektroprivredu, 1961.
14. *Usmjeravanje studija istražnih radova i izgradnje elektroenergetskih objekata na području NRH.* Institut za elektroprivredu, 1961.
15. *Katastar ugljena NRH pri Elektroprivredi.* Institut za elektroprivredu, 1961.
16. *Cost Imating for Gas Distribution Construction.* American Gas Journal, No. 5/1959.
17. *Gas in Europe.* OEEC 1958.
18. *World Energy Requirements in 1957 and 2000.* UN — Izvještaj za Ženevsku konferenciju o atomskoj energiji 1955. 8/P/902.
19. *Statistički podaci o proizvodnji i raspodjeli zemnog plina za 1959. i 1960. godinu* Zavoda za privredno planiranje NRH, Petroplina Kutina i Gradske Plinare, Zagreb.
20. Ing. Boranić, *Potrošnja tekućih plinova u širokoj potrošnji u FNRJ,* Zagreb, 1961.
21. *Zemni plin u energetskoj privredi NRH.* Institut za elektroprivredu, 1962.
22. Čaušević — Kostial — Matešić, *Mogućnosti razvoja petrokemijske industrije polazeći od raspoloživih naftinih ugljikovodika u sjevernoj Hrvatskoj.* (KIZ), 1961.
23. Dr. V. Stipetić. *Poljoprivreda i izgradnja fabrika veštačkih đubriva.* Ekonomist, 3/1960.
24. *Economics of Ammonia Manufacture from Several Row Materials.* B. S. Duff — Chemical Engineering Progress, January 1955.
25. *LP gas wins wide popularity.* Power, March 1962, str. 74.

Naslov pisca: Ing. Ivo Jamnicki, Institut za elektroprivredu, Zagreb. Proleterskih brigada 37



Sl. 12. Degazolinaža Mramor Brdo

ENERGETSKO PODRUČJE RIČICA - ZRMANJA HE OBROVAC

Stjepan Reštarović, Zagreb

Ovim derivacionim postrojenjem energetski se koriste vode ponornica s ličke kraške zaravni Lovinac – Gračac. Njihovim prevođenjem u smjeru Zrmanje koristi se bruto-pad od 543 m i dobiva godišnja proizvodnja od 352 GWh. Glavni je vodotok Ričica s Krivkom, koju predstavlja 63 % zahvaćenih voda, te se u njihovom donjem toku predviđa akumulacija Štikada, korisne sadržine 19 hm³. Veća akumulacija Brnićevo (21 hm³), smještena u dolini istoimenog potoka, pritoka Ričice, puni se crpljenjem vode iz Ričice. Zahvaćeni potoci Obsenica i Otuča prevode se kanalom, odnosno tunelom u Ričicu, a na zahvatu imaju retenciju, koja zadovoljava za prihvaćanje vodnih valova.

DK 621.22:621.31

OPĆENITO

Lička visoravan u području Gračac—Lovinac, nadmorske visine 550,0 — 600,0 m nalazi se u neposrednoj blizini mora i donjeg toka Zrmanje s prosječnom udaljenošću 10,0 — 11,0 km. Godišnje oborine visine od 1100 — 2300 mm, u prosjeku 1500 mm, velikog su intenziteta i koncentrirane na hladni period od novembra do aprila.

Područje se drenira nekolicinom potoka ponornica, od kojih su najvažnije Ričica s Krivkom, Otuča s Bašinicom i Opsenica s Radučicom, dok su znatno manji potoci Holjevac i Krušnica. Svi ovi potoci poniru u sjeveroistočnom podnožju Velebita, te se nakon kraćeg ili duljeg podzemnog toka pojavljuju na stalnim i periodičkim vrelima s desne strane donjeg toka Zrmanje ili na vruljama duž obale Novigradskog mora.

Jake jesenske kiše te naglo proljetno kopnjenje snijega, popraćeno skoro redovito kišama, uzrokuju brzi i nagli nadolazak voda u potocima koji tada preplavljuju nisko ležeća polja, naročito u blizini ponora, čiji je kapacitet ograničen i nedovoljan za velike vodne valove.

Bujični karakter vodotoka s vrlo velikim varijacijama u protoci vidljiv je iz tablice karakterističnih hidroloških podataka.

Karakteristični hidrološki podaci vodotoka

Vodotok	Površina sliva (približna) km²	Prosječna godišnja protoka m³/s	%-tak godina pojave karakt. protoka m³/s	
			velikih 1 %	malih 10 %
Ričica	215,0	6,50	204,0	0,12
Krivak	12,0	0,35	12 0	0,03
Otuča	89,0	2.22	126.0	0,13
Opsenica	45,0	1,70	62,0	0,05
Ukupno	361,0	10,77		0,33
Krušnica	12,5	0.59		
Holjevac	6.0	0,20		

Vodoprivredno rješenje područja osniva se na njegovim navedenim karakteristikama, a sastoji se u zaštiti poljoprivrednih površina od poplava ili bar osjetljivijem skraćivanju trajanja inundacije i u energetskom korištenju raspoloživih voda na velikom padu, koji se može postići derivacijom u smjeru Zrmanje.* Pri tome se elektroprivreda pojavljuje kao glavni interesent vodoprivrednog rješenja.

Zbog klimatskih prilika područja i hidroloških karakteristika vodotoka vodoprivredno je rješenje moguće samo realizacijom akumulacionih bazena odgovarajuće sadržine, kojima bi se prihvaćali visoki vodni valovi radi zaštite od poplava uz što ravnomjernije pražnjenje u svrhu povoljnijeg energetskog korištenja voda.

Na taj način ključni problem vodoprivrednog rješenja postali su akumulacioni bazeni, te su za ispitivanje mogućnosti njihove realizacije poduzeti opsežni istražni radovi — detaljno geološko kartiranje uz praćenje geološko-hidroloških pojava duž vodotoka i njihovih dolina, kao i bližeg i daljeg zaleđa, geofizička ispitivanja te istražna bušenja i opažanja podzemnih vodostaja. Istovremeno su poduzeta aerofotogrametrijska kao i druga geodetska snimanja, koja su dala pouzdane topografske podloge za sve istražne radove i studije.

U geološkoj građi područja do Zrmanje zastupljene su sve formacije mezozoika od gornje krede do donjeg trijasa, zatim permokarbon kao najstariji i neogen kao najmlađi, predstavljen šljuncima i glinama. S više rasjeda dinarskog smjera područje je podijeljeno u pojase, koji s mjestimičnim poprečnim lomovima kompliciraju hidrološke odnose u veoma složenoj i šarolikoj geološkoj građi.

Protezanje slojeva uglavnom prati dinarski smjer s padom prema jugozapadu.

Na sjeveroistočnom rubu sliva nalaze se gornjotrijaske klastične naslage i dolomiti; na njih se u smjeru jugozapada nastavljaju jurski vapnenci i dolomiti do velikog rasjeda iza kojeg dolaze permokarbonske naslage paleozoika i trijas u širim prostranstvima ili izmiješano u manjim lokalitetima. Dalje slijedi pojas jure pa široko područje krede, zastupane donjokrednim i gornjokrednim brečama koje izgrađuju hrbat ovog dijela Velebita i desnu stranu platoa uz Zrmanju.

Na temelju geološko-hidroloških odnosa, utvrđenih istražnim radovima i opažanjima, te topografije terena ustanovljeno je, da se na području tamošnjih vodotoka mogu ostvariti slijedeći akumulacioni bazeni:

1. Štikada, u donjem toku Ričice, odakle počinje derivacija prema Zrmanji. Ovo je po svojoj funkciji najvažnija akumulacija, jer se njom regulira praktički sav dotok Otuče, Ričice, Krivka i Opsenice.

* Na mogućnosti energetskog korištenja Ričice i Otuče ukazao je još 1912. Schönçkel, a nakon njega pisac ovog članka, na čiju su inicijativu postavljene prve vodomjerne letve na Otuči, Ričici i Opsenici 1947. Mnogi podaci za ovaj članak crpljeni su iz osnovnog projekta područja Ričica—Zrmanja, izrađenog u Elektroprojektu, Zagreb, 1961.

2. Brničevo, na desnoj pritoci Ričice.

3. Međuvođe na izvorišnom dijelu Opsenice.

4. Krušnica, u gornjem dijelu doline istoimenog potoka.

5. Deringaj, u gornjem toku Otuče nizvodno od Bruvna.

U 1. etapi izgradnje predviđeno je ostvariti samo akumulaciju Štikada i Brničevo, jer su one najekonomičnije, a pored toga zahvate Otuče i Opsenice na kojima se raspolaže s malim akumulacionim prostorom dovoljnim za prihvatanje vodnih valova radi njihovog prebacivanja u Ričicu.

Međuvođe s korisnom sadržinom do 20 hm^3 predstavlja skupu akumulaciju zbog širokog pregradnog profila. Budući da se radi isključivo o energetskoj akumulaciji, to je njezina eventualna izgradnja uvjetovana većim potrebama elektroprivrede na akumuliranoj energiji a unutar granica ekonomičnosti.

Isti je slučaj i s Krušnicom podjednakih akumulacionih mogućnosti i troškova s razlikom, da se njezinim prevođenjem u Ričicu, a usput i potočića Holjevca, povećava vodna i energetska bilanca hidroelektrane na derivaciji prema Zrmanji. Kako bi ovaj energetski doprinos iznosio oko 25 GWh/god., može se očekivati, da će izgradnja ove akumulacije i prevođenje voda Holjevca i Krušnice biti ostvareno prije Međuvođa.

Bazen Deringaj na Otuči, korisne sadržine oko 3 hm^3, predstavlja najskuplju akumulaciju, te se ne može uopće računati s njezinom izgradnjom.

Postoje još dosta povoljni geološki i topografski uslovi za izgradnju najveće akumulacije u dolini Ričice sadržine do 40 hm^3. Ovo se rješenje nažalost napustilo, jer zahtijeva veliko prelaganje postojeće ceste i željezničke pruge između Lovinca i Gračaca.

TEHNIČKO RJEŠENJE

Osnovna koncepcija rješenja energetskog korištenja raspoloživih voda na ličkoj visoravni područja Gračac — Lovinac sastoji se u slijedećem:

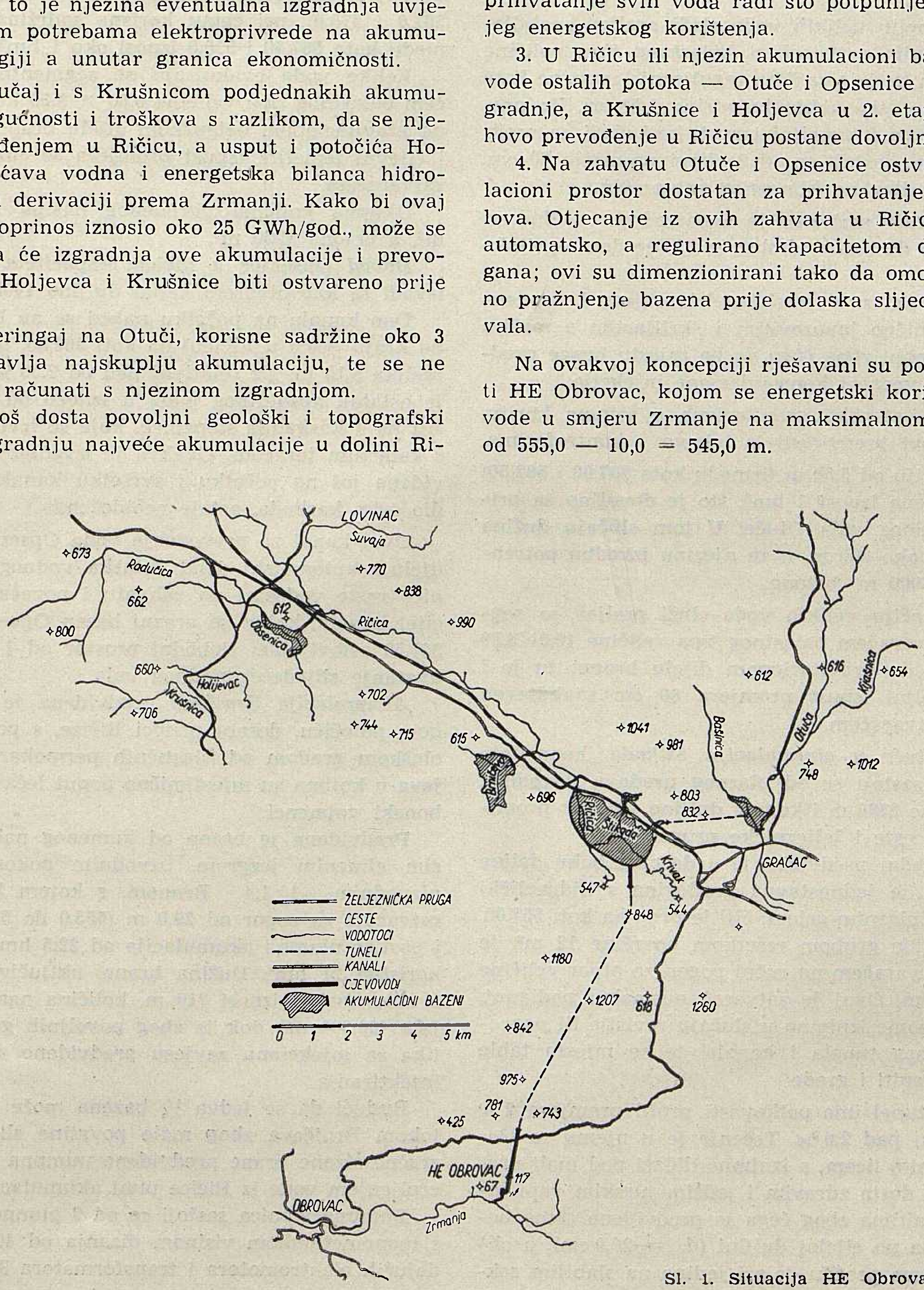
1. Zahvatiti na platou vode većeg broja potoka te ih sabrane prevesti derivacionim organima u smjeru Zrmanje radi energetskog korištenja na bruto-padu većem od 500 m.

2. U donjem toku Ričice, najvećeg vodnog recipijenta, ostvariti akumulacioni bazen koji će omogućiti prihvatanje svih voda radi što potpunijeg i povoljnijeg energetskog korištenja.

3. U Ričicu ili njezin akumulacioni bazen prevesti vode ostalih potoka — Otuče i Opsenice u 1. etapi izgradnje, a Krušnice i Holjevca u 2. etapi, kada njihovo prevođenje u Ričicu postane dovoljno rentabilno.

4. Na zahvatu Otuče i Opsenice ostvariti akumulacioni prostor dostatan za prihvatanje vodnih valova. Otjecanje iz ovih zahvata u Ričicu treba biti automatsko, a regulirano kapacitetom dovodnih organa; ovi su dimenzionirani tako da omoguće dovoljno pražnjenje bazena prije dolaska slijedećeg vodnog vala.

Na ovakvoj koncepciji rješavani su pojedini objekti HE Obrovac, kojom se energetski koriste gračačke vode u smjeru Zrmanje na maksimalnom bruto-padu od 555,0 — 10,0 = 545,0 m.



Sl. 1. Situacija HE Obrovac

Akumulacija Štikada smještena je u donjem toku Ričice neposredno ispred njezinih ponora. U nju direktno ulazi i potočić Krivak bez posebnog dovoda. Bazen je u stvari kazeta, koja je s 3 strane opasana zemljanim nasipom duljine 4500 m i maksimalne visine 10,50 m uključivo nadvišenje od 2,50 m iznad normalne usporne kote 555,0. Pokos nasipa s vodne strane predviđen je 1 : 2,5, a sa zračne 1 : 2. Ukupna količina nasipa iznosi 687.500 m^3, a sadržina bazena 19 hm^3.

Bazen je smješten u donjem i srednjem trijasu zastupanom dolomitima, vapnencima i klastičnim naslagama ladinika, koje su uslovile položaj nasipa tako, da je samo na dva slabija mjesta predviđena injekciona zavjesa s ukupno 3500 m bušenja i injektiranja.

Za evakuaciju velikih voda služi preljev snabdjeven segmentnim zatvaračem balastnog tipa veličine 10 × 4 m, na koji je za fino reguliranje usporne kote dodana automatska zaklopka visine 1,50 m. Uz preljev je smješten i temeljni ispust, koji služi za pražnjenje bazena; sastoji se od 2 cijevi promjera 80 cm, koje su snabdjevene klinastim zatvaračima.

Zahvat Otuče smješten je neposredno uzvodno od Gračaca tako da bazen obuhvaća i ušće desne pritoke Bašinice.

Bazen se nalazi u jurskim dolomitima i vapnencima mjestimično laporovitim i škriljastim s malom vodopropusnošću zbog čega su na mjestu brane predviđene samo vezne i konsolidacione injekcije.

Brana je betonska gravitaciona u samom koritu, dok su bokovi predviđeni iz lukova s kontraforima. Uz oscilaciju od 5,50 m (između kota 557,00 i 562,50) sadržina bazena iznosi 1 hm^3, što je dovoljno za prihvatanje vodnog vala Otuče. U tom slučaju dužina brane iznosi oko 200 m, a za njezinu izvedbu potrebno je oko 13000 m^3 betona.

Za evakuaciju velikih voda služi preljev sa segmentnim zatvaračem balastnog tipa veličine 10,0×3,50 m, smješten na gravitacionom dijelu brane; tu je i cijevni temeljni ispust promjera 80 cm snabdjeven klinastim zatvaračem.

Dovod Otuče u akumulaciju Štikada, kapaciteta do 12 m^3/s, sastoji se od ulaznog uređaja, dovodnog tunela duljine 2380 m i kanala duljine 480 m s propustima ispod ceste i željezničke pruge.

Ulazni uređaj predviđen je u desnom boku doline Bašinice. To je jednostavna građevina s hidraulički oblikovanim ulaznim grlom, čiji je prag na koti 557,00. Snabdjevena je grubom rešetkom površine 12 m^2, te tablastim zatvaračem na ručni pogon za otvor veličine 2,20 × 2,50 m. Ovaj je zatvarač normalno podignut, a spušta se samo iznimno u slučaju revizije ili popravaka dovodnog tunela i kanala, te se mjesto table mogu primijeniti i grede.

Dovodni tunel ima potkovasti profil promjera 2,70 m, a uzdužni pad 2,0 ‰. Tečenje je u njemu sa slobodnim vodnim licem, a iznimno dolazi pod mali pretlak. Prolazi dosta zdravim i jedrim jurskim vapnencima i dolomitima zbog čega je predviđeno samo betoniranje dna po cijeloj duljini (d_b = 20,0 cm), a obloga po cijelom profilu dolazi jedino na slabijim sektorima uz konusni prijelaz na neobloženi profil s promjerom iskopa 3,10 m.

Na dovodni tunel nastavlja se dovodni kanal, koji je obložen betonom na svom početku, kao i u području cestovnog i željezničkog propusta raspona 4 m.

Ovim dovodnim organima automatski se prebacuju vode Otuče iz njezinog bazena u akumulaciju Štikada. Pri tome porast protoka Otuče izaziva povišenje nivoa na zahvatu a time i povećanje kapaciteta dovoda.

Zahvat Opsenice predviđeno je izvesti nasutom zemljanom branom duljine 500 m s gravitacionim betonskim dijelom u koritu.

Brana je smještena u srednjetrijaskim vapnencima i dolomitima, dok su u bazenu zastupljene još i permokarbonske klastične naslage. S krunom brane na koti 572,0 postiže se uspor od 9,0 m (između kota 561,0 i 570,0), pri čemu korisna sadržina bazena između kota 567,50 i 570,0 iznosi oko 1 hm^3.

Velike vode evakuiraju se segmentnim zatvaračem balastnog tipa veličine 5,50 × 3,50 m, smještenim na gravitacionom betonskom dijelu brane u kojem je i cijevni temeljni ispust promjera 80 cm s klinastim zatvaračem.

Ukupna količina ugrađenog nasipa iznosi 94.000 m^3, a betona 1250 m^3.

Dovod Opsenice u Ričicu, kapaciteta do 15 m^3/s, izvodi se kao otvoreni kanal duljine 1405 m.

Dno kanala na početku nalazi se na koti 567,50, a na kraju (ušću u Ričicu) na koti 562,60, te je visinska razlika 5,10 m. Uz relativni pad od 2,50 ‰ predviđeno je ostatak apsolutnog pada u iznosu od 1,6 m utrošiti na 4 kaskadne stepenice, koje se izvode u betonu s kamenim taracom. Ovakva je izvedba obloge predviđena još na početku i svršetku kanala, dok ostali dio osim kaskada, ostaje neobložen.

Ovaj kanal za prevođenje voda Opsenice u Ričicu djeluje automatski. Kod dolaska vodnog vala Opsenice raste vodostaj na zahvatu i povećava se kapacitet kanala, kojim se prazni bazen Opsenice do kote 267,50 ostavljajući slobodni prostor od 1 hm^3 za prihvatanje slijedećeg vodnog vala.

Akumulacija Brničevo predviđena je na istoimenom potočiću, desnoj pritoci Ričice, s povoljnom geološkom građom od klastičnih permokarbonskih slojeva u kojima su mjestimično poput leća uloženi karbonski vapnenci.

Predviđena je brana od kamenog nabačaja s kosim glinenim jezgrom, uzvodnim pokosom 1 : 1,5 i nizvodnim 1 : 1,4. Branom, s kotom krune 586,50, ostvaruje se uspor od 29,0 m (555,0 do 584,0 m n. v.) i postiže ukupna akumulacija od 22,5 hm^3, od čega je koristan 21 hm^3. Dužina brane, uključivo bočne popratne nasipe, iznosi 710 m, količina nasutog materijala 430.000 m^3, dok je zbog povoljnih geoloških prilika za injekcionu zavjesu predviđeno samo 1800 m injektiranja.

Budući da se jedva 1/4 bazena može napuniti dotokom Brničeva zbog male površine sliva, to je sa zračne strane brane predviđena pumpna stanica, koja crpljenjem vode iz Ričice puni akumulaciju Brničevo.

Pumpna stanica sastoji se od 2 pumpe po 3,0 m^3/s s manometarskom visinom dizanja od 40,0 m, pripadajućih elektromotora i transformatora 30/1 kV. Eko-

nomičnost eventualnog dodavanja turbina uz motor — generator bit će razmotrena idejnim projektom. Od hidromehaničke opreme potrebna je gruba rešetka i klizni zatvarač na temeljnom ispustu promjera 1,25 m, a kod pumpi čelična račva s 2 klinasta i 1 regulacionim zatvaračem, te fina rešetka. Kod toga je predviđeno, da se voda crpe u bazen istim cjevovodom, koji služi i kao temeljni ispust.

Za evakuaciju velikih voda iz bazena služi bočni preljev kapaciteta do 20 m^3/s.

Radi nesmetanog crpljenja vode u bazen Brničevo potrebno je stalno održavanje donje vode oko uspor-ne kote 555,0, neovisno o stanju akumulacije Štikada. U tu svrhu predviđen je betonski prag u koritu Ričice neposredno nizvodno od ušća potoka Brničevo. Ovim pragom duljine 62 m, tipa gravitacione betonske brane sa slobodnim preljevom, polučuje se uspor od cca 4,5 m. Za pražnjenje ove kaptaže predviđen je u pragu temeljni ispust veličine 1,50 × 2,0 m, koji se zatvara drvenom tablom.

Glavni dovod u smjeru Zrmanje do vodne i zasunske komore sastoji se od ulaznog uređaja, te dovodnog cjevovoda i tunela s tečenjem pod tlakom. Instalirana je protoka 18 m^3/s.

Ulazni uređaj predviđen je na stjenovitom humku na koji je obostrano oslonjen nasip akumulacije Štikada. Sastoji se od taložnice s pragom te hidraulički oblikovanog ulaznog grla s prijelazom na otvor 2,20 × 2,90 m, koji se zatvara tablastim zatvaračem na hidraulički pogon. Na ulaznom grlu smještena je fina rešetka površine 2 × 18,0 m^2.

Na ulazni uređaj nastavlja se armirani betonski tlačni cjevovod svjetlog promjera 2,90 m s debljinom betona 30 cm. Cjevovod je ukopan, leži na posteljici od mršavog betona i ima duljinu 650 m, a pretlak mu je do 1 atp.

Tlačni dovodni tunel promjera 2,90 m s debljinom betonske obloge 25 do 35 cm ima dužinu od 8172 m do zasunske komore, a uzdužni mu je pad 2,2‰. Tunel prolazi srednjetrijaskim vapnencima i dolomitima iza kojih dolaze na kratkom potezu rabelj i dolomit gornjeg trijasa, a zatim vapnenci i dolomiti jure, pa breče donje i gornje krede u kojima je veći dio tunela.

Dovodni tunel najveći je građevinski objekat HE Obrovac. Iako se za njegovu izgradnju raspolaže samo s 2 radna mjesta, predviđeno je trajanje njegove izvedbe od $3^1/_2$ do najviše $3^3/_4$ godine uključivo s veznim, a mjestimično i konsolidacionim injekcijama. Ovo zbog toga, što se u njegovoj izvedbi očekuju izvjesne manje poteškoće jedino u okolini 4 rasjeda kao i na oba kontakta rabelja s karbonatnim stijenama.

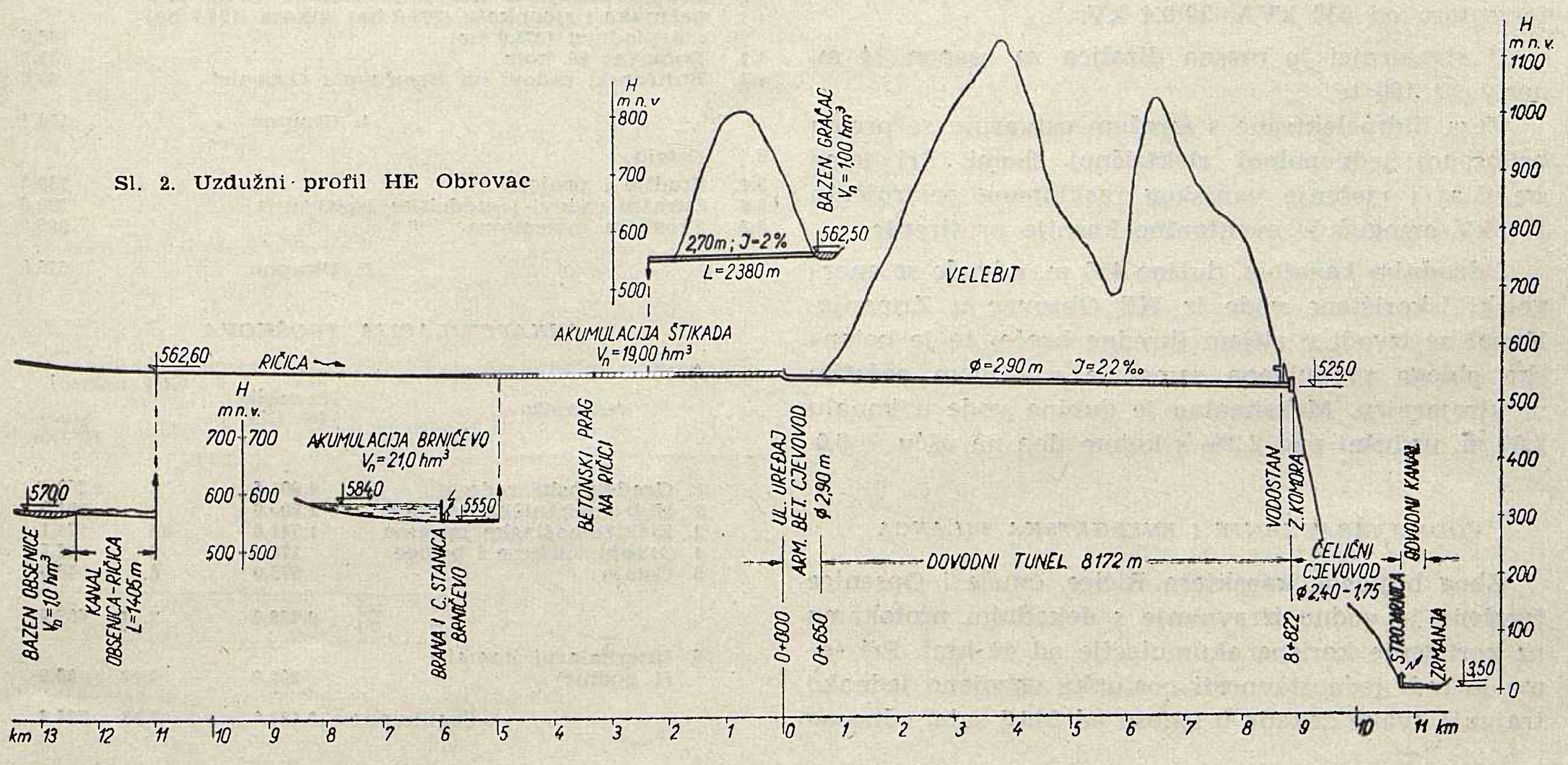
Vodna komora predviđena je na stacionaži 8+727,3 računajući od ulaznog uređaja Štikada. Raščlanjenog je tipa s vertikalnim oknom visine 60 i promjera 3,50 m, donjom komorom duljine 56 m promjera 3,50 i gornjom komorom potkovastog presjeka površine 15 m^2 i duljine 70 m.

Vodostan je u kompaktnim krednim brečama, te je predviđena debljina betonske obloge od 25 do 35 cm s armaturom samo na mjestima prodora valjaka, gdje se izvode i konsolidacione injekcije pored veznih, predviđenih na cijelom vodostanu.

Zasunska komora, tlocrta 10,5 × 9,0 m, je poluukopana, a smještena je na kraju dovodnog tunela, stacionaža 8 + 822,0. U komori je mosna dizalica nosivosti 20 t, te 2 leptirasta zatvarača promjera 2,40 m kao i ozračni ventil.

Čelični tlačni cjevovod počinje 8 m ispred zasunske komore i ima ukupnu duljinu 2050 m uključivo 4 rač-ve za turbine. Promjer cjevovoda postepeno se smanjuje s promjera 2,40 m do 1,75 m, dok su odvojci za turbine promjera 1 m.

Cjevovod je računan s maksimalnim dinamičkim tlakom 650,0 m pa mu je težina 2635 t uz primjenu čelika H II A u gornjem dijelu i aldura 52 u donjem dijelu. Cjevovod je vanjski s 18 stalnih tačaka, međusobnog razmaka 100 do 150 m, a između njih cjevovod leži na sedlima.



Sl. 2. Uzdužni profil HE Obrovac

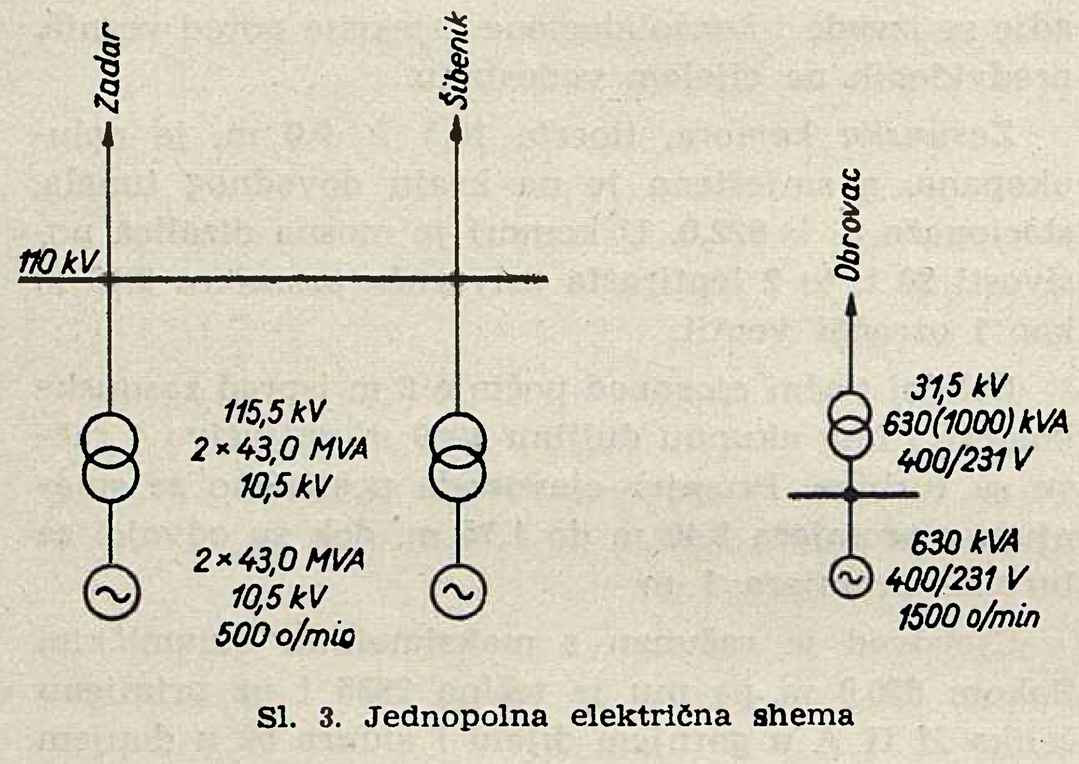
Vanjska strojarnica veličine 58 × 21 m s prigradnjama za radionice, pomoćne pogone i kancelarije smještena je u podnožju Velebita s kotom poda + 10,0. Ovo je rješenje usvojeno kao ekonomičnije nakon komparacije s podzemnim smještajem strojarnice, kod čije bi se izvedbe sreli sa znatnim poteškoćama zbog nepovoljnih geološko-hidroloških odnosa.

U strojarnici su predviđena 2 glavna agregata koji se sastoje iz 4 Peltonove turbine na horizontalnoj osovini i 2 generatora.

Svaka Peltonova turbina, težine 70 t, ima slijedeće karakteristike: $Q = 4{,}50$ m³/s, $H_{konstr} = 500{,}0$ m, $n = 500$ o/min, $P = 27.000$ KS. Ispred turbine je kuglasti zatvarač promjera 1,00 m, težine 38 t.

Generatori, pojedinačne težine 170 t, napona 10,5 kV, imaju $n = 500$ o/min, $P = 43.000$ kVA.

Transformatori snage u blokovskom spoju s generatorima, 10/110 kV, 43.000 kVA, 85 t/kom, smješteni su u nišama prigrađenim uz strojarnicu s kolosijekom do montažnog prostora strojarnice.



Sl. 3. Jednopolna električna shema

Za vlastitu potrošnju hidroelektrane služi kućni agregat s Peltonovom turbinom snage 800 KS, a kao rezerva veza s mrežom 30 kV preko kućnog transformatora od 630 kVA, 30/0,4 kV.

U strojarnici je mosna dizalica za raspon 14 m, nosivosti 100 t.

Veza hidroelektrane s mrežom ostvaruje se prema priloženoj jednopolnoj električnoj shemi. Pri tome smještaj i rješenje vanjskog rasklopnog postrojenja 110 kV omogućuje eventualno kasnije proširenje.

Odvodnim kanalom, dužine 450 m, odvode se energetski iskorištene vode iz HE Obrovac u Zrmanju. Kanal se izvodi u stijeni (kredne breče) te je betonska obloga predviđena samo na njegovom početku uz strojarnicu. Maksimalna je dubina vode u kanalu 2,50 m, uzdužni pad 2,2‰ s kotom dna na ušću + 3,0.

VODNO IZRAVNANJE I ENERGETSKA BILANCA

Zbog bujičnog karaktera Ričice, Otuče i Opsenice izvršeno je vodno izravnanje s dekadnim protokama uz korištenje korisne akumulacije od 40 hm³. Pri tome je radi jednostavnosti postupka usvojeno jednako trajanje svake dekade u iznosu od 243,5 sata, odnosno

HE OBROVAC – GLAVNE KARAKTERISTIKE I PODACI

Srednja godišnja protoka	10,80	m³/s
Srednja iskoristiva protoka	9,90	m³/s
Instalirana protoka	18,00	m³/s
Bruto-padovi	538,0/543,0/545,0	m
Najveći gubitak pada u dovodu ($\Delta H = 0{,}1655\ Q_w^2$)	53,60	m
Ukupna korisna akumulacija	40,00	hm³
Srednji energetski ekvivalent	1,14	kWh/m³
Srednji ekvivalent protoke	4.230,0	kW/m³/s
Prosječna godišnja proizvodnja	352,0	GWh
Akumulirana energija	45,6	GWh
Broj glavnih agregata	2	
Instalirna snaga	77,40	MW
Turbina Pelton za 4,50 m³/s kod 500,0 m, 4 kom	27.000	KS
broj okretaja	500	o/min
Generatori, 2 kom, 10,5 kV, snage	43,0	MVA
faktor snage cos φ	0,90	
Transformatori snage 10,5/110 kV, 2 kom	43,0	MVA
Kućna Peltonova turbina (800 KS) s generatorom, 1 kom	630,0	kVA
Transformator kućni 30/0,4 kV, 1 kom	630,0	kVA
Ukupni troškovi izgradnje s interkalarnim kamatima kroz 4 god. cijene 1961. g.)	10,18	mrd Din
Godišnji troškovi	725,8	milij. Din
Proizvodna cijena energije	2,07	Din/kWh
Specifična cijena energije (T/W)	28,95	Din/kWh
Investicioni količnik	131.525	Din/kW

PODACI RADOVA

1. *Građevinski radovi*

1.1.	u 1000 m³						Injekcione zavjese m	Iznos 10⁶ Din
	Iskop		Nasip		Beton			
	vanjski	tunelski	zemlja	kamen	vanjski	tunelski		
	242,2	109,8	899,0	332,0	32,4	39,1	6.400,0	5.055,0

1.2.	Pripremni radovi cca 15% radova pod 1.1.			760,0
1.3.	Pristupne ceste: 8,0 km novih i 9,8 km popravak postojećih			186,6
	1. Ukupno			6.001,6
2.	*Hidromehanička oprema s montažom*			
2.1.	Zatvarači, rešetke i čistilice	t	288,0	240,5
2.2.	Čelični cjevovodi	t	2.642,0	1.059,5
	2. Ukupno	t	2.930,0	1.300,0
3.	*Elektromašinska oprema s montažom*			
3.1.	Turbine (4 kom. Pelton)	t	280,0	448,0
3.2.	Generatori (2 kom.)	t	340,0	612,0
3.3.	Transformatori (2 + 1 kom.)	t	177,0	203,5
3.4.	Ostala oprema	t	383,0	477,5
	3. Ukupno	t	1.180,0	1.741,0
4.	*Otkupi, odštete i bujice*			
4.1.	Otkupi zemljišta (825 ha): oranica (191,0 ha), pašnjaka i sjenokoša (295,0 ha), šikara (104,0 ha) i neplodnog (235,0 ha)			88,6
4.2.	Domova: 20 kom.			31,2
4.3.	Bujičarski radovi na Brničevu i Opsenici			50,6
	4. Ukupno			170,4
5.	*Ostalo*			
5.1.	Studije i projekti			150,0
5.2.	Istražni radovi i modelska ispitivanja			220,0
5.3.	Troškovi investitora			205,0
	5. Ukupno			575,0

REKAPITULACIJA TROŠKOVA

Vrst troškova	Investicije 10⁶ Din	God. troškovi %	God. troškovi Iznos 10⁶ Din
1. Građevinski radovi	6.001,6	6	360,1
2. Hidromehanička oprema	1.300,0	8	104,0
3. Elektromašinska oprema	1.741,0	10	174,1
4. Otkupi, odštete i bujice	170,4	8	13,6
5. Ostalo	575,0	8	46,0
Σ_1^5	9.788,0	7,13	697,8
6. Interkalarni kamati (4 godine)	392,0	7,13	28,0
Sveukupno	10.180,0	7,13	725,8

876.600 sekunda. Kod akumulacije Brničevo, koja se puni skoro isključivo crpljenjem vode iz Ričice uz kapacitet crpki od 6 m^3/s, usvojena je maksimalna mogućnost punjenja sa 5,26 hm^3 po dekadi.

Vodeći računa o godišnjem rasporedu protoka i veličini akumulacija kod vodnog izravnanja usvojeni su slijedeći kriteriji:

Akumulacije se moraju puniti od 1. III — 1. V, no najdulje do 1. VI;

u akumulacijama se 1. X mora raspolagati s najmanje do 20 % korisne sadržine;

u periodu od 1. X do 1. III može se koristiti cijela raspoloživa akumulacija i dotok uz ograničenje da u slučaju pražnjenja akumulacije radna voda u dotičnoj dekadi ne može biti veća od one u prethodnoj. Isto je tako uvedeno ograničenje potpunog trošenja dotoka u februaru, kada se akumulacija mora početi puniti u slučaju, da kopnjenje snijega nastupi prije marta.

Rezultati vodnog izravnanja izvršenog po navedenim kriterijima pokazuju:

1. Za povoljno sezonsko vodno izravnanje od 1. X — 1. IV i od 1. IV — 1. X potrebna je dvostruka akumulacija od raspoložive, tj. cca 80 hm^3, od čega je bar 50% potrebno na samoj Ričici.

2. Za godišnje vodno izravnanje potrebna je akumulacija od 100 hm^3, a za višegodišnje 180 hm^3.

3. Uz raspoloživu akumulaciju od 40 hm^3 energetski se iskorištava oko 9,90 m^3/s, tj. 92,7 % od prosječnog dotoka, koji iznosi 10,80 m^3/s, dok ostatak predstavlja preljevne gubitke.

Radna voda dobivena opisanim vodnim izravnanjem smanjena je za 2,5 % zbog evaporacije i procjednih gubitaka, te je s ovako reduciranom radnom vodom računana snaga i produkcija HE Obrovac.

Snage su računane po jednadžbi

$$P = 8{,}2 \cdot Q_w \cdot H_n \text{ kW}$$

Pri tome je neto-pad H_n dobiven kao razlika srednjeg bruto-pada $H_b = 553{,}0 - 10{,}0 = 543{,}0$ m i otpora dovoda u dotičnoj dekadi $\Delta H = 0{,}1655\ Q_w^2$. Iz ovako dobivenih dekadnih snaga izračunane su srednje mjesečne, koje su prikazane u dijagramu.

Mjesečna produkcija HE Obrovac dobivena je kao produkt snage i vremena po jednadžbi

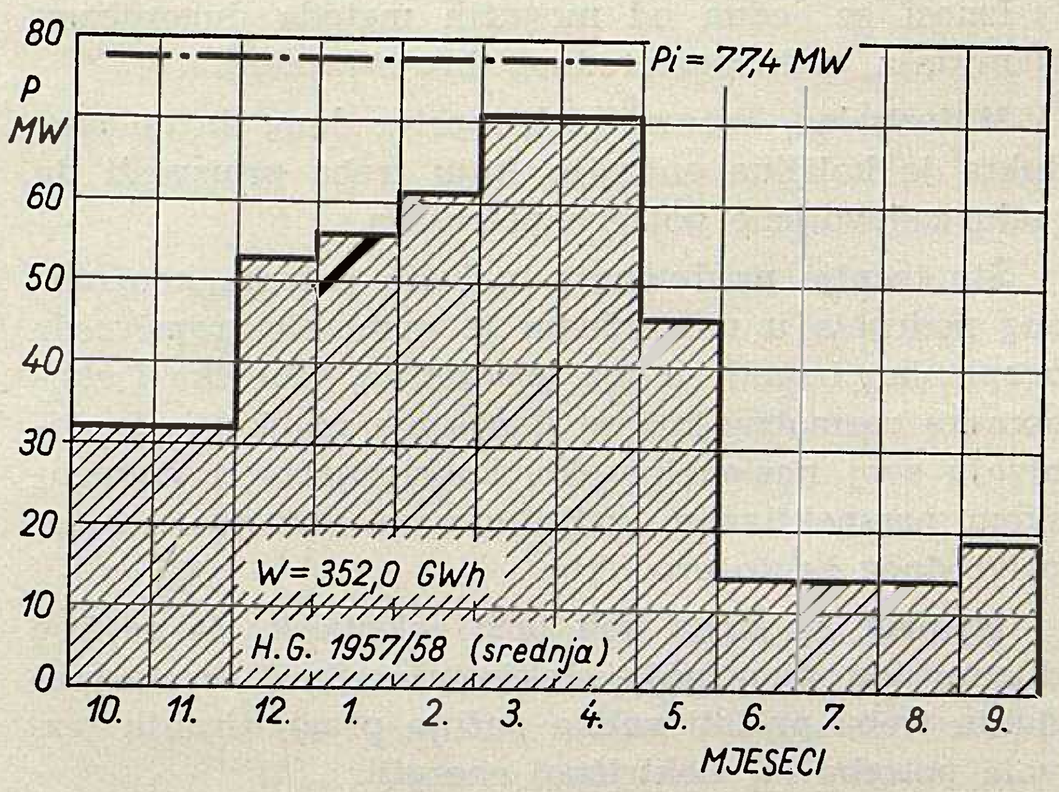
$$W_{mj} = P_{mj} \times 730{,}5 \text{ sati kWh},$$

a odatle prosječna godišnja produkcija u iznosu 352 GWh u 1. etapi.

EKONOMSKI PODACI

U prednjoj tablici dani su osnovni podaci količina glavnih građevinskih radova te hidromehaničke i elektromašinske opreme. Isto su tako dani i troškovi po grupama radova, opreme i ostalog na bazi cijena u 1961.

Uz pretpostavku jednoličnog investiranja u izgradnju, predviđenog trajanja od 4 godine, dobiveni su interkalarni kamati, a s njima i ukupni troškovi izgradnje u iznosu 10,18 milijarda dinara.



Sl. 4. HE Obrovac, dijagram snage

Primjenom odgovarajućih stopa godišnjih troškova na investicione iznose pojedinih grupa, a kod interkalarnih kamata prosječne stope svih grupa, dobiveni su godišnji troškovi cijelog postrojenja u iznosu od 725,8 milijuna dinara uz prosječnu stopu od 7,13 %. Uz godišnju produkciju od 352 GWh proizvodna cijena energije na pragu hidroelektrane iznosi: $C_e = 725{,}8 : 352{,}0 = 2{,}07$ Din/kWh.

Uz instaliranu snagu od 77,4 MW investicioni količnik iznosi $i = 10.180{,}0 : 0{,}0774 = 131.525$ Din/kW.

Naslov pisca: Ing. Stjepan Reštarović, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih prigada 37

DUGOROČNO PLANIRANJE ELEKTROPRIVREDNOG BRUTO-PRODUKTA

Božidar Filipović, Zagreb

Metoda koja je izrađena u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu, postavlja razvoj vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje električne energije kao osnovni element prognoziranja. Kod iznalaženja vrijednosti primjenjuje se »razvojni faktor vrijednosti«. Vrijednost osnovnih sredstava prijenosa i distribucije ocjenjuje se pomoću iskustvenih faktona korelacije sa sredstvima proizvodnje. Primjenom stopa stalnih troškova i dobiti i ocjenom troškova goriva dolazi se do vrijednosti bruto-produkta. Postavlja se po kategorijama djelatnosti raščlanjena jednadžba vrijednosti produkta, koja se može primijeniti za sprovođenje aktualizacije vrijednosti produkta, a podesna je i za potrebe elektroprivredne operativne za dugoročno prognoziranje. Skraćeni izvod metode iznesen je u obliku referata na VII stručnom savjetovanju JNK CIGRE u Budvi u listopadu 1962.

DK 621.311.1.003

1. OSNOVNE MISLI PREDMETNE METODE DUGOROČNOG PLANIRANJA ELEKTROPRIVREDNOG BRUTO-PRODUKTA

Iznosi se jedna od mogućih metoda dugoročnog planiranja elektroprivrednog bruto-produkta.

Materijalna osnova elektroprivrednog bruto-produkta je količina energije, koju treba proizvesti da budu zadovoljene potrebe potrošača.

Što tačnije predviđanje budućih potreba konzumnog područja u privrednom je rastu elektroprivrede neophodan temelj za sva energetska, tehnička i ekonomska razmatranja i za donošenje odluka, koje dobivaju svoj nacionalno-ekonomski značaj u vremenskom perspektivnom vrijednosnom razvoju elektroprivrednog bruto-produkta.

Nameće se stoga kao prvi zaključak, da se kod dugoročnog planiranja elektroprivrednog bruto-produkta treba pridati velika pažnja prognoziranju razvoja potreba na električnoj energiji.

Potrebe se mogu prognozirati ili na temelju općih karakterističnih pokazatelja privrednog razvoja, ili na osnovi detaljnih kalkulacija po pojedinim granama društvene djelatnosti. Drugi način nesumnjivo je tačniji i kod kratkoročnog planiranja neophodan. Kod dugoročnog planiranja on se neminovno susreće s toliko nepoznanica, da dobiveni rezultati postaju problematični. Planiranja pomoću statističko-matematskih metoda predviđanja, na osnovu općih pokazatelja privrednog razvoja, daju vjerojatnije rezultate. Takovo razmatranje dovodi do drugog temeljnog zaključka, da potrebe na električnoj energiji treba dugoročno planirati matematičko-statističkim metodama, i da izboru tih metoda treba pokloniti naročitu pažnju.

U opisu metode dugoročnog prognoziranja elektroprivrednog bruto-produkta razmatrane su i praktičkim primjerima ilustrirane neke matematske metode energetskog perspektivnog prognoziranja. Na osnovu rezultata prognoziranja potrebe po raznim primjenjivanim metodama, sprovodi se ocjena najvjerojatnije prognoze.

Drugi osnovni element u prognoziranju dugoročnog elektroprivrednog bruto-produkta čine ekonomski pokazatelji, koji dolaze do izražaja kroz cijenu električne energije.

Ova metoda predviđa perspektivno planiranje razvoja cijene električne energije na temelju vrijednosti osnovnih sredstava, te na temelju stopa stalnih troškova i troškova goriva termoelektrana. Prognoza razvoja vrijednosti osnovnih sredstava u proizvodnji električne energije čini temeljni oslonac metode dugoročnog planiranja razvoja elektroprivrednog bruto-produkta, te su izneseni principi prognoze razvoja osnovnih sredstava proizvodnje električne energije. Ova prognoza može se sprovesti s dovoljno tačnosti i u dugoročnom predskazivanju kao rezultat dobro ocijenjenog razvoja potreba na električnoj energiji i savjesno provedenog energetskog bilanciranja, što se odrazuje u planu uvrštenja novih elektrana u proizvodnju električne energije. Plan sadrži pojedine elektroenergetske baze i njihove karakteristike i omogućuje razradu perspektivnog razvoja vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje.

Ocjena razvoja vrijednosti osnovnih sredstava u prijenosu i distribuciji električne energije sprovodi se na temelju korelacije sa vrijednošću osnovnih sredstava u proizvodnji. Smatra se, da detaljno tehničko planiranje prijenosne i distributivne mreže ne bi dalo u dugoročnom planiranju vjerodostojnije rezultate, nego što se za promatrani elektroenergetski opskrbni sistem dobivaju primjenom podesno odabranih korelacionih faktora.

Iznalaženje razvoja vrijednosti bruto-produkta prvenstveno se naslanja na proračun stalnih troškova na osnovu vrijednosti osnovnih sredstava primjenom stopa troškova. Prognoziranje razvoja stopa troškova čini u predmetnoj metodi daljnji važan element za duljeročno predviđanje razvoja elektroprivrednog bruto-produkta. Zbog boljeg razumijevanja ove metode izvedena je kao neobavezan primjer prognoza razvoja stope stalnih troškova za naše buduće odnose. Stope stalnih troškova uključuju i stope dobiti, tako da njihova primjena dovodi do cijena električne energije, pa prema tome i do vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta.

Prognozom razvoja specifičnog potroška topline u termoelektranama, te razvoja cijene goriva, u principu kod naših odnosa ugljena kroz budućih 20 godina, dobiva se i zadnji potreban element prognoziranja elektroprivrednog bruto-produkta na dulji rok.

Praktična primjena opisane metode planiranja elektroprivrednog bruto-produkta iziskuje energetski i ekonomski oslonac na jednu polaznu bazu. Tako je za ilustraciju predmetne metode na naše odnose odabrana godina 1960. Polazeći od energetske i ekonomske osnove Udružene elektroprivrede prikazan je primjer proračuna razvoja cijene električne energije, a time i elektroprivrednog bruto-produkta, do oko godine 1975, obilježene u privrednom rastu jugoslavenske elektroprivrede sa stanovitom količinom električne energije.

Proračun cijene električne energije u perspektivnom razvoju proveden je u tri varijante. Kod dugoročnog planiranja bruto-produkta ukazuje se naime uputnim, ocijeniti vjerojatne granice varijacije njegove vrijednosti kod predviđene energetske osnove, tj. količine električne energije, prognozirane kao nužne za pokriće potreba konzuma promatranog područja. Ova metoda predviđa sprovođenje takove ocjene pomoću prognoze razvoja veličine narodnog dohotka, izvodeći vjerojatnu veličinu investicionog ulaganja u elektroprivredu.

Aktualizacija vrijednosti bruto-produkta u privrednom rastu elektroprivrede konačni je stupanj rada metode dugoročnog planiranja elektroprivrednog bruto-produkta. Opisana ocjena razvoja vrijednosti temelji se na ekonomskom stanju startne godine. Kako je u duljem vremenskom periodu promjena ekonomskih utjecajnih faktora vjerojatna, nužno je metodom predvidjeti i aktualizaciju pojedinih računskih rezultata prognoziranja elektroprivrednog razvoja.

Metoda postavlja jednadžbu bruto-produkta u obliku podesnom za primjenu faktora aktualizacije raščlanjenog po pojedinim kategorijama elektroprivredne djelatnosti, i po osnovnim kalkulacionim elementima predviđenih metodom prognoziranja. U jednadžbu se uvodi »faktor intenziteta vrijednosti osnovnih sredstava« (razvojni faktor vrijednosti osnovnih sredstava) označen sa f koji je sastavni dio procjene vrijednosti osnovnih sredstava za promatranu godinu. Ovaj se faktor proračunava na temelju poznate vrijednosti osnovnih sredstava i plana razvoja potreba na električnoj energiji, a uz pomoć prognoziranih vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje. U primjeru su prikazane njihove veličine u 15-godišnjem rastu naše elektroprivrede, a proračunane su za odnose odabrane za ilustraciju predmetne metode prognoziranja.

Aktualizacija se sprovodi uz pomoć faktora korekcije k_n, koji se procjenjuje za promatrane godine na osnovu prognoze promjena cijena materijala, usluga i rada i drugih vrijednosti koje utječu na veličinu vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta. Iznalaženje veličine faktora korekcije prelazi granice izlaganja predmetne metode prognoziranja elektroprivrednog bruto-produkta.

Primjena ove metode i jednadžbe aktualizirane vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta omogućuju elektroprivrednoj operativi da u dugoročnom planiranju dođe na razmjerno jednostavan a dovoljno tačan način do ocjene razvoja elektroprivrednog bruto-produkta po pojedinim kategorijama elektroprivredne djelatnosti, kao temelja ekonomskih istraživanja, zaključaka i odluka u vezi buduće opskrbe potrošača električnom energijom.

2. METODA DUGOROČNOG PLANIRANJA ELEKTROPRIVREDNOG BRUTO-PRODUKTA

Ekonomska djelatnost elektroprivrede imat će znatno stabilniju osnovu, ako se osloni na dugoročno predviđeni razvoj opskrbe potrošača električnom energijom. Dok se naša elektroprivreda u rješavanju tehničke i energetske problematike već koristi dugoročnim energetskim prognozama, to ekonomska strana elektroprivredne djelatnosti bazira tek na kratkoročnim, u pravilu jednogodišnjim planovima. Naredna izlaganja imaju cilj da ukažu na jednu od mogućih metoda dugoročnih prognoziranja razvoja bruto-produkta u elektroprivrednom ekonomskom rastu. Predmetna metoda polazi od energetske osnove zadane potrebama na električnoj energiji, povezujući energetske veličine s ekonomskim elementima odlučujućim za perspektivni razvoj elektroprivrednog bruto-produkta.

2.1 ENERGETSKA OSNOVA

Razvoj potreba na električnoj energiji u ekonomskom rastu javne opskrbe potrošača tim plemenitim oblikom koristive energije, daje osnovu za iznalaženje razvoja elektroprivrednog bruto-produkta. Perspektivno planiranje na dulji rok ukupne potrošnje električne energije nekog promatranog elektroenergetskog opskrbnog područja važan je sastavni dio predmetne metode prognoziranja razvoja elektroprivrednog bruto-produkta.

U zemlji sa socijalističkim poretkom kao što je naša, podvrgnut je razvoj cijelokupnog narodnog gospodarstva zakonitosti planskog proporcionalnog razvoja. Održavanje odgovarajućih proporcija iziskuje jedinstvo okvirnog planiranja cjelokupne privrede.

Faktori koji utječu na potrebe na električnoj energiji veoma su različiti, pa je stoga za planiranje budućeg potroška neophodno upoznati vrst i snagu tih utjecajnih faktora za razvoj potrošnje električne energije. Ovaj ovisi uglavnom o naravnom porastu stanovništva, o karakteru proizvodnih odnosa i stupnju životnog standarda, te o načinu i količini pojedinačnih proizvodnji elektropotrošača. Osim toga od utjecaja je i opseg elektroindustrijske proizvodnje električnih uređaja, električnih aparata i električnih trošila, stupanj mehanizacije i automatizacije industrijske proizvodnje, dalekosežnosti korištenja električne energije, te stanje i mogućnosti supstitucije raznih vrsta energije.

Navedeni opći utjecajni faktori djeluju ili kod svih grupa potrošača istodobno (kao na primjer porast stanovništva ili karakter proizvodnih odnosa) ili djeluju kod više ili samo kod nekih pojedinih potrošačkih grupa (kao što je životni standard stanovništva kod kućanskih potrošača).

Nesumnjivo je, da »specifični utjecajni faktori« jasnije odrazuju stvarni uzrok nastajanja potreba za električnom energijom, te bi stoga njihovo pojedinačno uvaženje kod planiranja moglo tačnije obuhvatiti potrebu za električnom energijom, nego što je to moguće kroz opće utjecajne faktore. Specifični utjecajni faktori su oni, koji izravno utječu na potrebe raznih korisnih energija pa tako i na električni potrošak koji nije ništa drugo već potrebna količina korisne energije. Kako je međutim obuhvatanje funkcionalne povezanosti između takovih specifičnih utjecajnih faktora i potreba na električnoj energiji znatno kompliciranije i vezano s većim utroškom rada i vremena nego obuhvatanje istovrsnog odnosa između potroška električne energije i odgovarajućih općih utje-

cajnih faktora, to je za potrebe dugoročnog perspektivnog planiranja svrsishodnija primjena općih utjecajnih faktora.

Obuhvatanje funkcionalne veze između potroška odnosno potreba električne energije i utjecajnih faktora moguće je i pomoću matematsko-statističkih metoda i pomoću kalkulacionih metoda. U biti se radi o povezivanju budućih potreba s nekom mjerom odnosa, pa tako kao mjera odnosa može biti podesno odabrana industrijska bruto-proizvodnja. Ovo se pokazuje razumnim ako se uoči da se preko 60 % ukupne društvene djelatnosti odvija putem industrije i da oko 70 % ukupne proizvedene električne energije troši industrijska proizvodnja. Tako je ovom mjerom odnosa moguće uspostaviti vezu između ukupne proizvodnje električne energije potrebne narodnom gospodarstvu i industrijskog bruto-produkta. Isto je tako, moguće pristupiti planiranju perspektivnih potreba električne energije primjenjujući kao mjeru odnosa planirani ukupni nacionalni bruto-produkt, ili nacionalni dohodak. U svim tim slučajevima potrebno je iznaći vezu tako odabranih pokazatelja mjere odnosa i potrebne količine električne energije u budućem razvoju.

2.1.1. Matematsko-statističke metode prognoziranja budućih elektroenergetskih potreba

Za neku određenu pojavu utvrđuje se na osnovu statističkih podataka iz prošlosti i sadašnjosti, a pomoću elemenata matematike, njen razvoj i njene veze s drugim pojavama, te se tako dobivene spoznaje koriste odnosno primjenjuju za ocjenu kretanja promatrane pojave u budućnosti. Kod proračuna trenda — kao jedne od matematsko-statističkih metoda — promatra se potrošak električne energije u ovisnosti o vremenu. Na osnovu poznatih veličina o godišnjem potrošku električne energije ustanovljuje se uz pomoć metode klizajućih prosjeka ili najmanjih kvadrata tok trenda toga potroška i to bilo analitičkim bilo grafičkim putem. Ako označimo sa W_0 poznate polazne količine proizvodnje, sa W_n proizvodnju na kraju promatranog vremenskog razdoblja i ako n označuje broj godina razvoja, a p stalni prosječni godišnji porast proizvodnje, tada vrijedi jednadžba

$$W_n = W_o\,(1 - p)^n$$

Za dobivanje upotrebljivih rezultata važna je što bolja procjena stope porasta n, a za to je u prvom redu potrebno poznavanje statističkih podataka iz prošlosti promatranog konzumnog područja.

2.111 Prognoza na temelju logističke krivulje

Koristeći tako, primjerice, statističke podatke za Jugoslaviju, dobivamo prema prednjoj jednadžbi, da je prosječna godišnja stopa porasta proizvodnje kroz 10 godina u periodu od 1949. do 1959. iznosila 13,8 %.

Kada bismo pretpostavili, da će se takav prosječni porast od 13,8 % ostvarivati i u daljnjem 10-godišnjem odnosno 15-godišnjem razdoblju, dobili bismo, da će se proizvodnja električne energije u Jugoslaviji povećati u godini 1970. na 32.500 GWh, a u godini 1975. na oko 62.000 GWh.

Postavlja se međutim pitanje, da li je ispravno računati s takvim prosječnim porastom i u narednim godinama ili treba uzeti u obzir i mogućnost da će stopa porasta sukcesivno opadati s povećanjem stupnja elektrificiranosti zemlje.

Prema jednoj studiji Instituta za elektroprivredu u Zagrebu [1] sprovodi se proračun budućeg razvoja proizvodnje električne energije pomoću logističke jednadžbe, koja uvažuje opadanje stope porasta. Ona glasi

$$\log W = k \,/\, (1 + m \cdot e^{-nt})$$

U jednadžbi je W proizvodnja u GWh u promatranoj godini t, dok su k, m i a konstante. Grafički prikaz ove jednadžbe naziva se i biološkom krivuljom rasta.

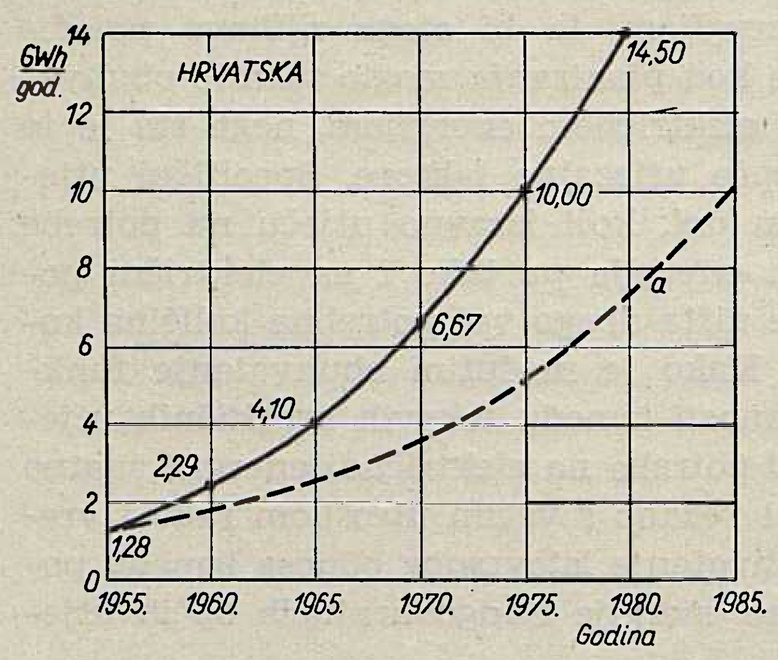
Razvoj proizvodnje električne energije; prognoza 1

Tablica 1

Godina	Jugoslavija		Hrvatska	
	Količina proizvodnje GWh/god.	Stopa porasta %	Količina proizvodnje GWh/god.	Stopa porasta %
1960.	9107	12,00	2290	12,30
1965.	15835	11,70	4060	12,30
1970.	25450	9,95	6580	10,02
1975.	37875	8,27	10000	8,50

Konstante logističke krivulje, proračunane na osnovu statističkih podataka te neke tačke budućeg predviđanja i uvrštene u prednju jednadžbu, daju prognozu budućeg razvoja.

Tako su, primjerice, proračunani porasti potreba na električnoj energiji za Jugoslaviju i Hrvatsku,



Sl. 1. Trend potreba električne energije prema logističkoj formuli — prognoza 1
a — krivulja udvostručenja kroz 10 godina

kako ih pokazuje tablica 1 i slike 1, pomoću logističkih krivulja čije jednadžbe glase

za Jugoslaviju

$$\log W = 5{,}27 / (1 + 0{,}62 \cdot e^{-0{,}0523\,t})$$

za Hrvatsku

$$\log W = 4{,}189 / (1 + 0{,}705 \cdot e^{-0{,}0495\,t})$$

Kod ovog postupka ne može se međutim spoznati, koji faktori utječu i kako snažno pojedini od njih djeluju na razvoj promatrane pojave, jer linija trenda pokazuje samo zajedničko djelovanje svih faktora.

2.112 Prognoza potreba električne energije pomoću korelacione analize

Utjecaj pojedinih faktora na razvoj neke pojave dade se ustanoviti postavljanjem jednadžbi korelacije. Već prema tome da li pojedine veličine utjecajnog faktora leže oko neke linearne ili nelinearne krivulje, poprimaju jednadžbe regresije oblik [2]

$$Y_1 = a + bx$$

ili

$$Y = a + bx + cx^2$$

odnosno neki drugi nelinearni odnos.

Kod iznalaženja jednadžbe regresije prvenstveni je zadatak da se utvrde konstante a i b odnosno c. One se izračunaju tako, da se kvadrat odstupanja Y vrijednosti učini minimumom, dakle postavi

$$(y - Y)^2 = \min$$

i provede parcijalna diferencijacija po a, b i c.

Za predmetna razmatranja od naročitog je interesa korelacija između potrebe na električnoj energiji cijele društvene zajednice i veličine vrijednosti industrijskog bruto-produkta.

Na osnovu podataka »Statističkog godišnjaka FNR Jugoslavije« za god. 1960. dobiveni su indeksi razvoja ukupne proizvodnje električne energije J_e i indeksi vrijednosti ukupne industrijske proizvodnje od 1947. do 1959. Oni su prikazani u narednoj tablici 2 postavljajući 1947. kao polaznu godinu.

Uz pretpostavku da razvoj odnosa između proizvodnje električne energije i industrijske proizvodnje ostaje u glavnome isti, dobiva se na temelju prednjih podataka jednadžba korelacije

$$J_e = 2{,}176 \cdot J_i - 129$$

U ovoj jednadžbi, koja je grafički prikazana na slici 2, označuju J_e i J_i indekse porasta proizvodnje električne energije i industrijske bruto-proizvodnje s bazom godine 1947.

Analognim postupkom dobije se za odnose u NR Hrvatskoj jednadžba korelacije koja glasi

$$J_e = 1{,}584 \cdot J_i - 49{,}62.$$

Ova jednadžba također je grafički prikazana na slici 2.

Kao mjerilo jačine međusobne utjecajne povezanosti dviju promatranih pojava služi korelacioni koeficijent — koeficient povezanosti ili koeficient uzajamne ovisnosti. U prednjem primjeru za Jugoslaviju on iznosi 0,988, što pokazuje da je međusobna povezanost potrošnje električne energije i vrijednost industrijskog nacionalnog produkta veoma čvrsta.

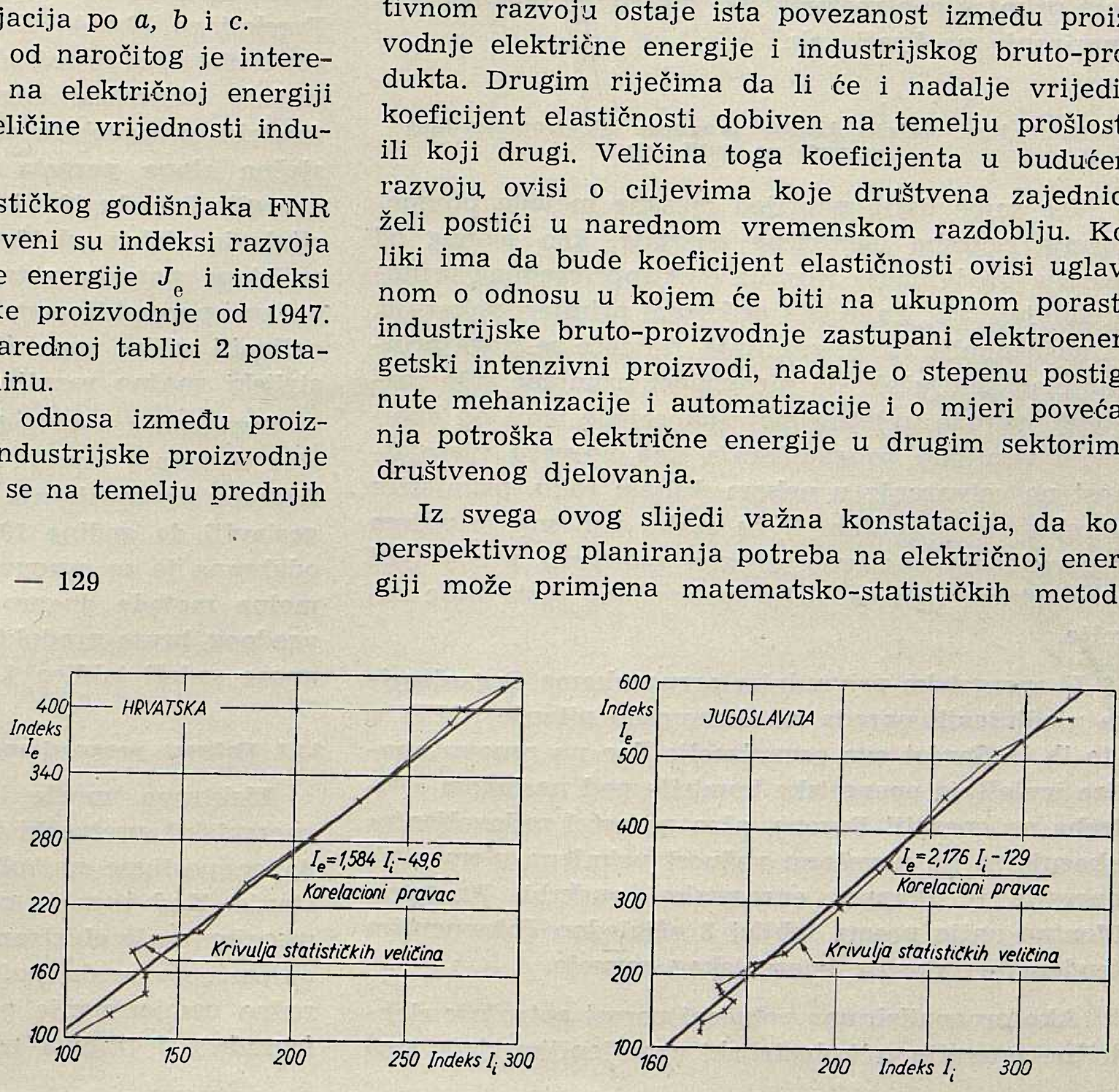
Indeksi razvoja proizvodnje električne energije i skupne industrijske proizvodnje u Jugoslaviji

Tablica 2

Godina	Indeksi elektroprivrede $\mathcal{J}_e$	Indeksi ind. proizvodnje $\mathcal{J}_i$	Godina	Indeksi elektroprivrede $\mathcal{J}_e$	Indeksi ind. proizvodnje $\mathcal{J}_i$
1947.	100	100	1953.	206	151,4
1948.	142	124,6	1954.	237	172,1
1949.	152	138,8	1955.	299	200,3
1950.	165	142,9	1956.	348	220,9
1951.	176	137,3	1957.	450	257,7
1952.	186	136,3	1958.	507	285,8
			1959.	560	328,8

Postavlja se, međutim, pitanje da li i u perspektivnom razvoju ostaje ista povezanost između proizvodnje električne energije i industrijskog bruto-produkta. Drugim riječima da li će i nadalje vrijediti koeficijent elastičnosti dobiven na temelju prošlosti, ili koji drugi. Veličina toga koeficijenta u budućem razvoju, ovisi o ciljevima koje društvena zajednica želi postići u narednom vremenskom razdoblju. Koliki ima da bude koeficijent elastičnosti ovisi uglavnom o odnosu u kojem će biti na ukupnom porastu industrijske bruto-proizvodnje zastupani elektroenergetski intenzivni proizvodi, nadalje o stepenu postignute mehanizacije i automatizacije i o mjeri povećanja potroška električne energije u drugim sektorima društvenog djelovanja.

Iz svega ovog slijedi važna konstatacija, da kod perspektivnog planiranja potreba na električnoj energiji može primjena matematsko-statističkih metoda



Sl. 2. Korelacija između indeksa proizvodnje električne energije i indeksa industrijske proizvodnje

na temelju podataka prošlosti dovesti do pogrešnih zaključaka. Odnosi u budućnosti razvijaju se u pravilu drugačije nego u prošlosti pa se ova okolnost mora na podesan način uvažiti.

2.113 Praktična vrijednost korelacione prognoze potreba električne energije

Interesantno je usporediti rezultate elektroprivrednog prognoziranja na osnovu planova razvoja industrijske proizvodnje s rezultatima prognoze koji se dobivaju primjenom matematsko-statističke korelacione analize. U tu svrhu neka bude korištena korelaciona jednadžba za Jugoslaviju

$$J_e = 2{,}176 \cdot J_i - 129$$

Uvažujući društvenim planom predviđenu vrijednost industrijskog bruto-produkta u 1965. sa $2.230 \cdot 10^9$ Din, čemu prema 1947. odgovara indeks porasta od 610 (svedeno na bazu cijena 1956), proizlazi iz korelacije indeks porasta proizvodnje električne energije od 1198, što odgovara količini od $17{,}5 \cdot 10^9$ kWh, što se dobro podudara s postavkom društvenog plana za 1965.

Za odnose u NR Hrvatskoj po jednadžbi korelacije

$$J_e = 1{,}584\ J_i - 49{,}62$$

dobivamo za 1965. prognozu potreba električne energije od 4650 GWh, prema društvenom planu od 4500 GWh, što daje odstupanje od oko + 3,3 %.

Oba dobivena rezultata ukazuju dobru upotrebljivost primjenjene matematsko-statističke metode prognoziranja na kraći rok.

2.1.2 Ocjena najvjerojatnije prognoze elektroprivrednog razvoja na dulji rok

Već same dvije naprijed opisane metode prognoziranja potreba električne energije, kao jednog od temelja predviđanja razvoja elektroprivrednog bruto-produkta, daju, kako to i prikazani primjeri pokazuju, za našu zemlju razne rezultate. Nameće se stoga principijelan zaključak, da mogućnost primjene više različitih metoda uvjetuje potrebu ocjene, koji od dobivenih rezultata prognoziranja ima najveću vjerojatnost na ostvarenje u nekom duljem roku, primjerice u roku od 15 godina. U tu svrhu podesno je putem usporedbenih analiza s drugim zemljama predvidjeti vjerojatnost razvoja elektroprivrednog rasta naše zemlje.

U energetsko-privrednim preporukama Organizacije ujedinjenih naroda za ekonomsko pitanje »OEEC«, što ih je Savjet ove organizacije dao na osnovu analize izvještaja energetske komisije pod naslovom »Potreba na energiji Evrope, njen porast i zadovoljenje« ukazuje se na povećanu važnost primjene plemenitih energija u ukupnoj energetskoj opskrbi. Prognoza Montan-unije prema tablici 3 očigledno dokumentira tendenciju takovog energetskog razvoja.

Ako proanaliziramo polučeni porast potrošnje električne energije u industrijski razvijenijim državama Evrope, vidimo, da se je ovaj kretao pretežno iznad onoga koji odgovara udvostručenju potreba u deset godina.

Prema izvještajima Ujedinjenih naroda *Economic and Social Council*, od 12. X 1955, *Economic Commission for Europe, Committee on Electric Power*, ukupna potrošnja električne energije povećala se u god. 1954, prema 1953. za oko 9 %, što je više nego što je iznosilo povećanje 1952/1953. od 6 % i 1951/1952. od 7 %. Ovdje nije obuhvaćen Sovjetski Savez s povećanjem od 11 % za godinu 1953/1954. te 13 % za godinu 1952/1953.

Predvidljivi razvoj potroška ugljena za potrebe oplemenjenih energija

Tablica 3

Godina	Ukupna potreba		Koks i proizv. plina		Proizv. el. energije	
	10^6t	%	10^6t	Udio u % ukup. potreba	10^6t	Udio u % ukup. potreba
1955.	278	90	107	38,5	45	16,2
1960.	303	100	125	40,9	60	19,6
1965.	333	108	138	41,4	73	21,9
1975.	362	117	158	43,6	86	21,8

Procenti porasta potrošnje električne energije u vremenu od 1949. do 1954. za države Evrope kretali su se godišnje u prosjeku od 5,2 % za Belgiju, do 21,5 % za Bugarsku, za Evropu u prosjeku 9,2 prema 9,6 % za SAD. U godini 1954. povećana je potrošnja električne energije prema 1953. u Norveškoj za 11,6, u Luksemburgu 13,1, u Vel. Britaniji 11,2, u Saveznoj Republici Njemačkoj 11,9, u Austriji 12,4, u Poljskoj 13,5, u Irskoj 18,0, u Portugalu 20,1, u Grčkoj 15,3 i u Turskoj za 16,6 %. U Saveznoj Republici Njemačkoj predviđa se za naredne godine iza 1955, povećanje potrošnje električne energije između 5,3 i 11,9 %. U Austriji, u razdoblju od 1949. do 1956. kretala se prosječna stopa porasta korištenja plina i električne energije između 10,8 i 10,9 %, a godine 1953/1954. postigla je visinu od 12,4 %. Sve navedeno ukazuje da se stope porasta potreba na električnoj energiji u našem perspektivnom razvoju mogu sa sigurnošću ocijeniti višim nego što sada polučuje većina industrijski snažno razvijenih zemalja Evrope.

Suglasno s naprijed izloženim izvršeno je primjerice u jednoj studiji Instituta za elektroprivredu u Zagrebu prognoziranje potreba električne energije Jugoslaviji do godine 1980. Jedna od tih prognoza [3] odabrana je za osnovu numeričkog ilustriranja predmetne metode dugoročnog prognoziranja elektroprivrednog bruto-produkta. Energetsku bilancu te prognoze sadrži tablica 4.

2.1.3 Važnost prognoziranja porasta snage u elektroprivredi

Elektrane, mreže i uređaji potrošača čine lanac energetskih pretvorbi čiji elementi treba da rade tako, da se postigne najbolje sveukupno energetsko korištenje. Kod toga je odlučan svrsishodan izbor i dimenzioniranje elektrana, ispravna raspodjela ukupnog opterećenja među pojedine grupe elektrana i racionalno usmjeravanje potreba energije. S planiranjem izgradnje i pogona usko je vezana bilanca snage i

energije, podesno odabrana da se postigne ona raspodjela pokrivanja energetskih potreba na elektrane, koja osigurava najniže troškove proizvodnje energije, uvažujući pri tome narodnogospodarske interese oko iskorištenja prirodnih vrela energije. Veličina istalirane snage pojedinih elektrana, pa prema tome i troškovi izgradnje i stalni troškovi opskrbe energijom, određuju se na osnovu podesno odabranih varijanti bilanca snage, dok promjenljivi troškovi ovise o bilanci energije.

Perspektivna energetska bilanca Jugoslavije

Tablica 4

Elementi bilance	1960.	1965.	1970.	1975.
Potreba električne energije GWh				
Široka potrošnja	2360	5250	9300	14200
Specijalni velepotrošači	1660	3050	6070	9710
Ostala industrija	2600	4430	8330	12480
Električna vuča	50	100	200	240
Poljoprivreda	40	120	170	220
Ukupna potreba elektroprivrede	6710	12950	24070	36850
Gubici u prijenosu i distribuciji	1240	2400	4400	6500
Energija na pragu elektrana	7950	15350	28470	43350
Vlastita potrošnja	350	650	1230	1950
Raspoloživa energija elektroprivrede	8300	16000	29700	45300
Industrijske elektrane	1200	1500	1800	2200
Ukupno potrebna energija	9500	17500	31500	47500
Elektroprivreda sama GWh				
Proizvodnja na pragu				
u postojećim elektranama	7950	7950	15350	28470
u novim elektranama	—	7400	13120	14880
Ukupno	7950	15350	28470	43350
od toga u				
postojećim HE	5270	5270	11395	20170
novim HE	—	6125	8775	10375
Ukupno u HE	5270	11395	20170	30545
u postojećim TE	2680	2680	3955	8300
u novim TE	—	1275	4345	4505
Ukupno u TE	2680	3955	8300	12805

Postupak planiranja snaga u razvoju elektroprivrede može biti različit i do sada je u stručnoj literaturi objelodanjeno već više za praksu dobro primjenljivih metoda [4]. Iznošenje tih metoda prelazi granice ovoga članka; korisno je međutim da se s tim u vezi istaknu neka principijelna razmatranja.

Analizom odnosa u opskrbi električnom energijom dolazi se do zaključka da se ne može kao narodnogospodarski najpovoljnije smatrati ono rješenje u kojem su elektrane jednomjerno planirane za sve moguće slučajeve opterećenja, već ono kod kojeg se vodilo računa o specifičnim zadacima pojedinih elektrana. Ova konstatacija znači, da treba razviti posebne elektrane za pokrivanje vršnog, središnjeg i temeljnog opterećenja i ove tada tehničko-ekonomski optimalno izgraditi za zadane opskrbne odnose.

Elektrane za temeljno opterećenje optimalno su projektirane i izgrađene onda, ako su podešene prema faktoru opterećenja koji odgovara zoni temeljnog opterećenja. Pokrivanje vršnog i središnjeg opterećenja s niskim faktorom opterećenja predstavlja posve različite zadaće, te će i specifične investicije elektrana za ove zone opterećenja biti različite od onih temeljnih elektrana. Niskom faktoru iskorištenja treba da odgovara nizak jedinični investicioni trošak. Za temeljne elektrane dolaze u principu u obzir velike kondenzacione parne elektrane izgrađene na prirodnim izvorima energije, protočne hidroelektrane, atomske elektrane i industrijske toplane sa stalnom potrebom pare. Kao središnje elektrane podesne su javne toplane i industrijske elektrane kao što i kondenzacione javne termoelektrane podesne za rad s promjenljivim opterećenjem. Vršne elektrane koje treba da budu, specifički promatrano, vrlo jeftine leže u težištu razmatranja. Tu dolaze u obzir prirodne akumulacione hidroelektrane i pumpne akumulacione hidroelektrane s podesnim geografskim položajem prema težištu opterećenja. U novije vrijeme koriste se sve više i više plinske turbine, koje imaju niže specifične investicije od pumpnih elektrana; one se mogu postaviti u težište konzuma i njihova se otpadna toplina može koristiti. Niske specifične investicije, sa stanovišta proizvodnje električne energije imaju i kondenzacione turbine koje se postavljaju u toplanama i služe i odavanju topline, dakle agregati su izgrađeni kao odušnoparni ili paru oduzimajući kondenzacioni agregati.

Električna prijenosna postrojenja treba u principu graditi samo za prijenos temeljnih opterećenja u koliko proizvodnoenergetski razlozi ne traže drugačije rješenje.

2.2. *EKONOMSKE OSNOVE*

Vrijednost elektroprivrednog bruto-produkta određena je cijenom opskrbe električnom energijom. Za veličinu te cijene važan utjecajni faktor je cijena proizvodnje električne energije. Od naročitog je stoga interesa da se razvoj cijene proizvodnje električne energije što tačnije procijeni, kod čega vrijednost osnovnih sredstava proizvodnje ima presudan utjecaj.

2.2.1 Prognoza razvoja vrijednosti osnovnih sredstava u opskrbi električnom energijom

Na temelju perspektivnih planova o potrebama električne energije postavlja se elektroenergetska bilanca iz koje proizlaze količine proizvodnje električne energije, s kojima treba elektroprivreda raspolagati da može zadovoljiti potrebe svojih potrošača. Uvrštenjem elektrana u energetsku bilancu, suglasno s naučnim principima energetskog gospodarstva, dobivamo količine energije koju treba da proizvode hidroelektrane, te energiju predviđenu da bude proizvedena u termoelektranama.

2.211 Plan uvrštavanja elektrana u proizvodnju električne energije

Koristeći već poznate planove izgradnje za hidroelektrane i termoelektrane kao i postojeće projekte o izgradnji vodnih snaga, koji projekti sadrže i proračune investicionih troškova, može se na osnovu energetske bilance postaviti plan uvrštenja elektrana u pogon i tako doći do perspektivnog plana osnovnih sredstava proizvodnje sve do kraja promatranog perspektivnog razdoblja.

Perspektivni plan uvrštenja elektrana u pogon (u Jugoslaviji) do godine 1975 [3] Tablica 5

Godina	Ukupna potreba GWh/god.	Opis elektrana	Hidroelektrane		Termoelektrane	
			Snaga MW	Proizvodnja GWh/god.	Snaga MW	Proizvodnja GWh/god.
1960.	7950	Postojeće elektrane	1345	5270	655	2680
1961.	1190	Nove elektrane	72	465	139	725
	9140	Ukupno	1417	5735	794	3405
1962.	1290	Nove elektrane	180	1115	32	175
	10430	Ukupno	1597	6850	826	3580
1963.	1480	Nove elektrane	211	1430	12	50
	11910	Ukupno	1803	8280	838	3630
1964.	1570	Nove elektrane	168	1245	65	325
	13480	Ukupno	1976	9525	903	3955
1965.	1870	Nove elektrane	384	1870	—	—
	15350	Ukupno	2360	11395	903	3955
1966.	1950	Nove elektrane	300	1325	125	625
	17300	Ukupno	2660	12720	1028	4580
1967.	2355	Nove elektrane	409	1865	65	490
	19655	Ukupno	3069	14585	5070	5070
1968.	2605	Nove elektrane	428	1950	130	655
	22260	Ukupno	3497	16535	1223	5725
1969.	2910	Nove elektrane	429	2385	65	525
	25170	Ukupno	3926	18920	1288	6250
1970.	3300	Nove elektrane	415	1250	370	2050
	28470	Ukupno	4341	20170	1658	8300
1971.	3280	Nove elektrane	486	2040	250	1240
	31750	Ukupno	4827	22210	1908	9540
1972.	3260	Nove elektrane	397	1745	250	1515
	35010	Ukupno	5224	23955	2158	11055
1973.	3270	Nove elektrane	426	1920	250	1550
	38280	Ukupno	5650	25875	2408	12405
1974.	2780	Nove elektrane	500	2780	—	—
	41060	Ukupno	6150	28655	2408	12405
1975.	2290	Nove elektrane	300	1890	65	400
	43350	Ukupno	6450	30545	2473	12805

Rezultati takovog jednog plana, podesno svrstani za prognoziranje elektroprivrednog bruto-produkta, prikazani su, na primjer, u tablici 5.

2.212 Ocjena razvoja vrijednosti osnovnih sredstava elektrana

Koristeći postojeće proračune o troškovima izgradnje elektrana provedene na osnovu cijena građevnog materijala, opreme i radne snage iz polazne godine, ocjenjuje se u suglasnosti s planom uvrštenja novih elektrana u pogon, razvoj vrijednosti osnovnih sredstava u proizvodnji električne energije.

Rezultati takove ocjene razvoja kroz 15 godina za Jugoslaviju predočeni su, primjera radi u narednoj tablici 6.

Analognim postupkom, tj. postavljanjem plana stavljanja u pogon postrojenja za prijenos i distribuciju električne energije moglo bi se doći do ocjene razvoja vrijednosti osnovnih sredstava u prijenosu i distribuciji električne energije. Ovakav račun iziskivao bi razradu planova izgradnje električnih vodova i transformatorskih stanica, što bi u duljeročnom planiranju naišlo na veoma velike poteškoće, ne uzimajući u obzir i veliki trud i troškove takovog planiranja.

Podesno je da se utvrdi prosječni odnos vrijednosti osnovnih sredstava između proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije kod nas i u inostranstvu i na temelju tako dobivene korelacije ocijeni vrijednost osnovnih sredstava prijenosa i distribucije u perspektivnom razvoju.

2.2.2 Odnos vrijednosti osnovnih sredstava kategorija elektroprivredne djelatnosti

Perspektivni proračun vrijednosti osnovnih sredstava prijenosa i distribucije zasniva se za potrebe

Ocjena razvoja vrijednosti elektrana u Jugoslaviji od 1960. do 1975. Tablica 6

Godina	Vrijednost osnov. sredstava proizvodnje 10^6 Din			Godina	Vrijednost osnovnih sredstava 10^6 Din		
	Hidroelek.	Termoelek.	Ukupno		Hidroelek.	Termoelek.	Ukupno
1960.	219235	84930	303165	1968.	453187	154980	608167
1961.	232290	100930	333220	1969.	511163	162980	674143
1962.	246190	105930	352120	1970.	554183	185680	739863
1963.	271372	107730	379102	1971.	596513	210880	807393
1964.	283302	117030	400332	1972.	649703	236080	885783
1965.	326991	117030	444021	1973.	700513	261280	961793
1966.	357527	131530	489057	1974.	773810	261280	1035090
1967.	397497	140280	537777	1975.	827000	270000	1097000

predmetne metode duljeročnog planiranja bruto-produkta na odnosu prema osnovnim sredstvima proizvodnje. Taj je odnos podesno procijeniti u tri varijante. Za prvu varijantu mjerodavni su naši odnosi u sada postojećim granicama, provodeći očigledno potrebne korekture kod distribucije, što dovodi do odnosa 50 : 15 : 35.

Primjena odnosa vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje, prijenosa i distribucije sa 35 : 20 : 45, tj. takovih, koji proizlaze iz pogonskih odnosa evropskih elektroprivreda, uvažujući kod nas veliki udio proizvodnje u hidroelektranama, čini varijantu 3. Za varijantu 2 odabran je odnos osnovnih sredstava proizvodnje, prijenosa i distribucije 1 : 2, koji leži između prve dvije varijante i to tako, da od ukupne vrijednosti osnovnih sredstava otpada 40 % za proizvodnju, 20 % za prijenos i 40 % za distribuciju.

Vrijednost osnovnih sredstava u proizvodnji, prijenosu i distribuciji, proračunane u tri varijante njihovih međusobnih vrijednosnih odnosa prikazane su radi primjera u tablici 7. Te vrijednosti čine osnovu za kalkulaciju stalnih troškova i dobiti za perspektivni razvoj opskrbe potrošača električnom energijom prema naprijed navedenoj prognozi.

Vrijednost osnovnih sredstava u perspektivnom razvoju elektroprivrede Jugoslavije u 10^9 Din

Tablica 7

Količina proizvodnje na pragu elektrana u GWh	7950	15350	28470	43350
Vjerojatna godina ostvarenja	1960.	1965.	1970.	1975.
I varijanta: odnos 50:15:35				
Proizvodnja	304	444	740	1100
Prijenos	91	133	222	330
Distribucija	213	311	518	770
Ukupno	608	888	1480	2200
II varijanta: odnos 40:20:40				
Proizvodnja	304	444	740	1100
Prijenos	152	222	370	550
Distribucija	304	444	740	1100
Ukupno	760	1100	1850	2750
III varijanta: odnos 35:20:45				
Proizvodnja	304	444	740	1100
Prijenos	174	254	424	628
Distribucija	392	572	956	1412
Ukupno	870	1270	2120	3140

2.3 RAZVOJ VRIJEDNOSTI ELEKTROPRIVREDNOG BRUTO-PRODUKTA

Osnovu za procjenu razvoja vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta čini proračun perspektivnih troškova i ocjena cijene proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije.

U perspektivnom duljeročnom planiranju nepodesna je detaljna kalkulacija troškova, kako se ona primjenjuje u našoj elektroprivredi za potrebe tekućih jednogodišnjih planiranja. Podesan način proračuna troškova u perspektivnom razvoju je primjena stopa troškova na apsolutnu vrijednost osnovnih sredstava. Kako su u prethodnim razmatranjima ocijenjena osnovna sredstva u svome perspektivnom razvoju, predstoji još da se utvrde stope troškova i dobiti.

U tu svrhu nužno je da se analiziraju postojeći odnosi između troškova i vrijednosti osnovnih sredstava u našoj elektroprivredi i tako dobivene stope kritički ocijene s obzirom na podesnost njihove primjene u budućem privrednom rastu.

2.3.1 Stope stalnih troškova u perspektivnom razvoju

Polazeći od vrijednosti osnovnih sredstava, dolazimo primjenom stopa troškova do iznosa stalnih troškova kao jednog od važnih elemenata bruto-produkta.

Stope troškova podvrgnute su tokom vremena stanovitim promjenama, pa ih stoga treba procijeniti u njihovom budućem razvoju.

Prema studijima Instituta za elektroprivredu u Zagrebu [5] te uvažujući odnose u drugim elektroprivredama u svijetu proizlazi, da se s obzirom na sadanji stepen elektrotehnike i strojarstva te vladajućih ekonomskih odnosa mogu za elektroprivrednu djelatnost smatrati kao normalne ekonomski opravdane stope troškova i dobiti navedene u tablici 8.

Ekonomske normalne ukupne stope troškova i dobiti u elektroprivredi

Tablica 8

Elektroprivredna djelatnost	Proizvodnja u		Prijenos	Distribucija
	HE	TE		
Stopa u % vrijednosti osnovnih sredstava	7 – 9	15 – 18	10 – 12	15 – 18

Do ovih ekonomskih stopa moći se se doći i u našoj elektroprivredi tek tokom vremena, a kako je nenaravna nagla promjena kalkulacione osnove, ocijenjeno je za potrebe predmetnih razmatranja, da će do normalnih stopa u našoj elektroprivredi doći do godine 1965. ili 1970.

Primjera radi navodi se procjena stopa troškova za našu elektroprivredu u duljeročnom razvoju kroz oko 15 godina, polazeći pri tome od poznatih odnosa, primjerice onih Udružene elektroprivrede za 1960 [6]. Polazni pokazatelji za proizvodnju električne energije u 1960. prikazani su u tablici 9.

Polazni pokazatelji za proizvodnju električne energije u godini 1960.

Tablica 9

Oznaka pokazatelja		Hidroelek.	Termoelek.	Ukupno
Vrijednost osnovnih sredstava	10^6 Din	219.235	84.930	304.165
Cijene snage	10^6 Din/god	13.742	9.245	22.987
Stopa cijene	%	6,27	10,90	7,55
Cijena rada	10^6 Din/god	—	12.350	12.350
	Din/kWh	—	4,60	1,62

Prema kalkulacijama Jugela proizlaze za 1960. za prijenosnu elektroprivrednu djelatnost slijedeći polazni kalkulacioni elementi:

Vrijednost osnovnih sredstava	10^6 Din	73.043
Cijene prijenosa	10^6 Din	6.734
Stopa cijene prijenosa	%	9,07
Vrijednost osnovnih sredstava prijenosa u procentima vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje		24 %

Stope stalnih troškova i stope dobiti za perspektivnu kalkulaciju opskrbe potrošača električnom energijom

Tablica 10

Količina proizvodnje u GWh Vjerojatna godina ostvarenja	7950 1960.		15350 1965.		28470 1970.		43350 1975.	
Oznaka djelatnosti	Stopa u %		Stopa u %		Stopa u %		Stopa u %	
	Trošk.	Dobit	Trošk.	Dobit	Trošk.	Dobit	Trošk.	Dobit
Proizvodnja								
hidroelektrane	5,67	0,60	6,80	1,10	7,57	1,13	7,57	1,13
termoelektrane	9,70	1,20	14,35	1,65	16,15	1,85	16,15	1,85
Prijenos 110 i 220 kV	8,33	0,74	9,90	1,20	10,50	1,50	10,50	1,50
Distribucija 35 kV — 0,4 kV	16,11	1,12	15,95	1,55	15,95	1,55	15,95	1,55

Za distribuciju za godinu 1960. dobivamo slijedeće osnovne kalkulacione elemente:

Vrijednost osnovnih sredstava	10^6 Din	111.240
Cijena distribucije	10^6 Din	24.722
Stopa cijene distribucije		17,23 %
Cijena distribucije na pragu distribucije	Din/kWh	4,94
Vrijednost osnovnih sredstava distribucije u procentima vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje		46,5 %

Karakteristično je, da su rezultirajuće stope troškova i dobiti veoma niske, što je odraz sadašnjih elektroprivrednih povlaštenih ekonomskih instrumenata. Takovi odnosi moraju se smatrati samo prolaznim, te treba da u budućnosti dođe do normalnih ekonomskih instrumenata, naročito u pogledu kamata, anuiteta i dobiti, pa stoga treba sprovesti kod nas sukcesivno povećavanje stopa troškova i dobiti. Da se dođe do prognoze troškova rada, treba ocijeniti razvoj troškova goriva u termoelektranama. Kod numeričke ilustracije metode prognoziranja uvaženo je vjerojatno povećanje cijena ugljena, a ujedno se vodilo računa i o smanjenju specifičnog utroška topline novih termoelektrana. Kod ocjene povećanja troškova goriva imalo se u vidu približavanje cijena naših domaćih ugljena prosječnim cijenama ugljena na evropskom tržištu.

2.3.2 Proračun razvoja vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta uz odabrane pretpostavke

Polazeći od pretpostavljenog razvoja elektroenergetskih potreba i odabranog uvrštenjem novih elektrana u proizvodnju električne energije, uvažujući nadalje rezultirajući razvoj vrijednosti osnovnih sredstava, te postavljene stope troškova i dobiti, sprovodi se proračun razvoja vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta u odabranom duljeročnom vremenskom razdoblju. Kao primjer prognoziranja iznosi se razvoj elektroprivrednog bruto-produkta Jugoslavije od 1960. do 1975 [3]. Troškovi opskrbe potrošača električnom energijom u perspektivnom razvoju proračunani su odvojeno kao troškovi snage i troškovi rada. Troškovi snage proizlaze iz vrijednosti osnovnih sredstava uz primjenu godišnjih stopa troškova. Kao troškovi rada smatrani su, zbog pojednostavnjenja metode prognoziranja, samo troškovi goriva termoelektrana, koji su proračunani na osnovu specifičnih potrošaka topline i cijene ugljena.

Kalkulacija troškova i cijena za proizvodnju odnosno predaju električne energije sprovedena je za promatrano vremensko razdoblje za intervale od po pet godina polazno za 1960. Stope troškova i stope dobiti primijenjene za izračunavanje troškova i dobiti, te prema tome i za izračunavanje prodajne cijene, odnosno vrijednosti bruto-produkta, odabrane na temelju prije navedenih razmatranja sadržane su u prednjoj tablici 10. Troškovi i cijene proračunani su za prag proizvodnje, prag prijenosa i prag distribucije, a iskazana je i prosječna cijena opskrbe potrošača električnom energijom.

Elemente po kojima je sproveden perspektivni proračun troškova rada u termoelektranama pokazuje tablica 11.

Perspektivni proračun troškova rada u termoelektranama

Tablica 11

Količina proizvodnje na pragu termoelektrana GWh/god	2.680	3.955	8.300	12.805
Vjerojatna godina ostvarenja	1960.	1965.	1970.	1975.
Specifični potrošak topline kcal/kWh	4.600	4.350	3.340	3.000
Ukupni potrošak topline Tkcal	12,35	17,15	27,70	38,40
Cijena ugljena Din/1000 kcal	1,00	0,90	0,90	0,97
Troškovi rada 10^6 Din	12.350	15.500	26.000	37.200
Jedinični troškovi rada Din/kWh	4,60	3,90	3,00	2,80

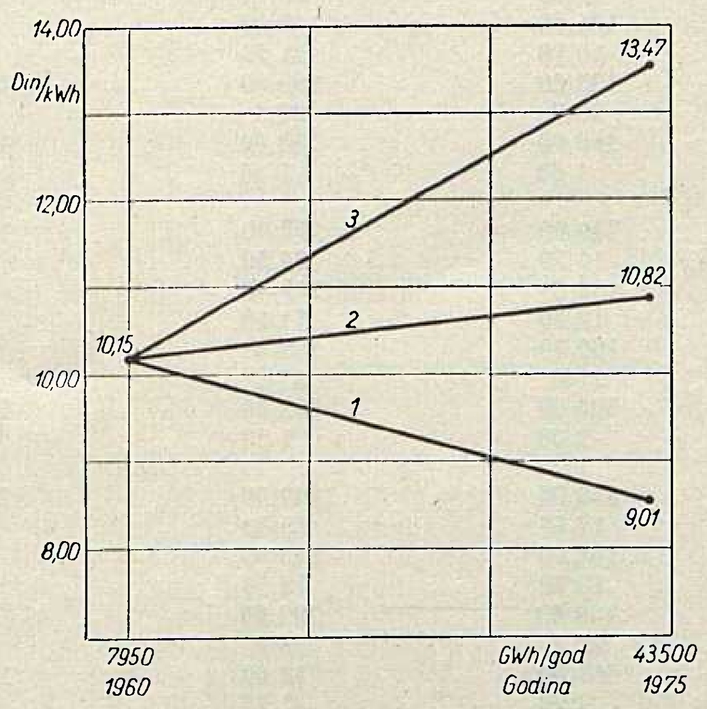
Polazeći od stanja u godini 1960. sve do stanja koje odgovara potrebama konzuma, a koje iziskuje ukupnu proizvodnju na pragu elektroprivrednih elektrana od 43.350 GWh obuhvaćen je dugoročni perspektivni razvoj od oko 15 godina. Velika je vjerojatnost, da se

Rezultati perspektivne kalkulacije cijene električne energije

Tablica 12

Mjesto cijena	Količina energije GWh/god.	Vjerojatna godina ostvarenja	Cijena u Din/kWh		
			Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Prag proizvodnje	7950	1960	4,45	4,45	4,45
	15350	1965	3,98	3,98	3,98
	28470	1970	3,82	3,82	3,82
	43350	1975	3,64	3,64	3,64
Prag prijenosa	7400	1960	5,89	6,04	6,92
	14300	1965	5,31	5,57	6,24
	26700	1970	5,06	5,39	5,97
	40700	1975	4,85	5,07	5,77
Prag distribucije	5000	1960	14,04	17,30	21,40
	9800	1965	11,56	14,27	17,30
	17800	1970	10,88	13,44	16,23
	26900	1975	10,53	12,92	16,30
Realizacija svih mjesta predaje potrošačima	6710	1960	11,97	14,45	17,70
	12950	1965	10,05	12,17	14,60
	24070	1970	9,38	11,33	13,56
	36850	1975	9,01	10,82	13,47

najveća pretpostavljena količina proizvodnje ostvari oko 1975. Kalkulacija je provedena za tri opisane alternative odnosa vrijednosti osnovnih sredstava u proizvodnji, prijenosu i distribuciji elektroprivrede, a rezultati su vidljivi iz tablice 12.



Sl. 3. Shematski prikaz utjecaja odnosa vrijednosti osnovnih sredstava proizvodnje, prijenosa i distribucije na srednju cijenu opskrbe električne energije

Varijante

1 — odnos 50 : 15 : 35
2 — odnos 40 : 20 : 40
3 — odnos 35 : 20 : 45

Provedena kalkulacija troškova i cijena vidno ukazuje na veliki utjecaj veličine odnosa vrijednosti osnovnih sredstava, u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije, na rezultate kalkulacije. Značaj toga utjecaja prikazan je shematski na slici 3, u kojoj je uspoređeno stanje iz godine 1960. sa stanjem na kraju promatranog razdoblja, koje je karakterizirano ukupnom potrebom električne energije od 43.500 GWh, a što odgovara zaokruženo upeterostručenju polazne količine od 8000 GWh. Dijagram upadljivo ukazuje kako cijena električne energije može varirati, već prema odabranom odnosu vrijednosti osnovnih sredstava do 50 %.

2.3.3 Iznalaženje vjerojatnih granica varijacije vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta

Rezultati perspektivne kalkulacije cijena električne energije za opskrbu potrošača ukazuju na mogućnost znatnih razlika u prognoziranim vrijednostima, što nužno dovodi do zaključka da valja procijeniti, koja od kalkulativnih varijanata ima najveću vjerojatnost da bude ostvarena. Za to je nesumnjivo odlučujuća moguća veličina investiranja u elektroprivredu, pa je stoga gledišta nužno sprovesti daljnju analizu.

Za pokriće potrebnih investicija proširene reprodukcije nužno je, pored raspoloživih financijskih sredstava same elektroprivrede, stanovito izdvajanje iz narodnog dohotka društvene zajednice.

Za proširenu reprodukciju raspoloživa financijska sredstva elektroprivrede jesu: stanoviti dio amortizacije postrojenja, dio dobiti i vrijednost starog materijala deklasiranih postrojenja.

Kako su raspoloživa financijska sredstva elektroprivrede kod određene vrijednosti bruto-produkta poznata, dakle određena, preostaje da se za iznalaženje provedivog investiranja za proširenu reprodukciju elektroprivrede još procijeni veličina u tu svrhu mogućeg odvajanja iz narodnog dohotka.

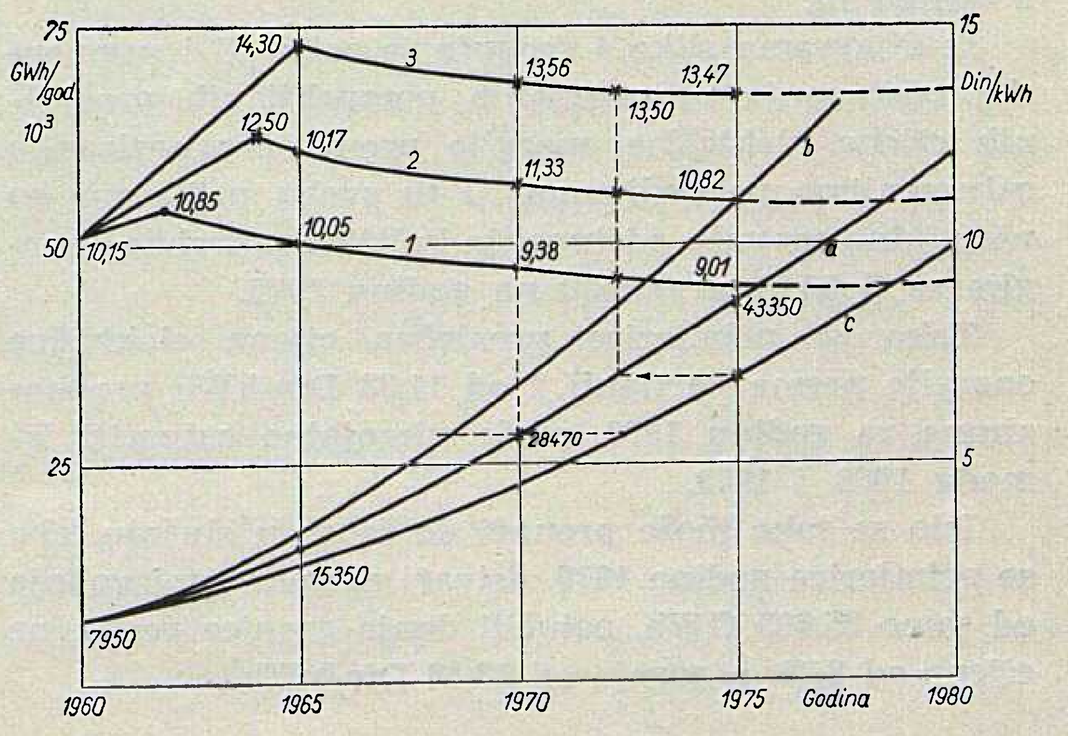
Tablica 13 sadrži jednu vjerojatnu procjenu razvoja veličine narodnog dohotka za promatrano vremensko razdoblje od 15 godina (Polazna osnova prema[7]). Plan financiranja elektroprivrednih investicija za sve tri varijante predviđenih odnosa vrijednosti osnovnih sredstava prikazan je u tablici 14, a u kojem je sadržano za ostvarenje financiranja potrebno izdvajanje iz narodnog dohotka.

Ocjenjujući na primjer moguće izdvajanje iz nacionalnog dohotka za potrebe proširene reprodukcije elektroprivrede sa najviše 2,0 %, pokazuju se kao ostvarive varijante 1 i 2. Imajući međutim u vidu da i strana samoinicijativna ulaganja u distributivnu mrežu mimo elektroprivrede, mogu se smatrati kao moguća i ostvarenja preko granice varijante 2, u kojem slučaju mogu cijene tendirati i prema onima varijante 3 kako je prikazano na slici 4.

Perspektivna prognoza razvoja veličine narodnog dohotka

Tablica 13

Godina	Narodni dohodak 10^9 Din/god.	Broj stanovnika u 10^6	Narodni dohodak po stanovniku u 10^3 Din	Indeks
1960.	2574	18,667	158	100
1961.	3000	18,904	159	115
1962.	3300	19,138	172	125
1963.	3600	19,376	186	135
1964.	4000	19,604	204	148
1965.	4400	19,821	222	161
1966.	4850	20,032	242	175
1967.	5300	20,370	260	189
1968.	5750	20,444	281	204
1969.	6250	20,660	303	220
1970.	6750	20,860	324	235
1971.	7730	21,010	348	252
1972.	7850	21,170	371	269
1973.	8450	21,320	397	288
1974.	9100	21,440	425	308
1975.	9800	21,550	455	330



Sl. 4. Vjerojatne granice kretanja perspektivnog razvoja prosječne cijene električne energije
Prosječne cijene: *1* — varijante 1, *2* — varijante 2, *3* — varijante 3
a — prognoza 4, *b* — odstupanje + 25 % u g. 1975, *c* — odstupanje — 25 % u g. 1975.

Plan financiranja elektroprivrednih investicija proširene reprodukcije za razdoblje od 15 godina

Tabela 14

Varijanta	Investicije i izvori financiranje elektroprivrede		Prvih 5 godina (1961—1965)	Drugih 5 godina (1966—1970)	Trećih 5 godina (1971—1975)	Ukupno (1961—1975)
1	Nove investicije	10^9 Din	280,80	592,00	720,00	1592,00
	Ulaganje iz dobiti	,,	5,40	11,90	19,10	
	Dio amortizacije	,,	56,00	101,00	159,00	
	Vrijed. star. mater.	,,	4,60	10,10	11,90	
	Ukupno iz elektroprivrede	,,	66,00	123,00	190,00	379,00
	od investicija	%	23,6	20,7	26,4	23,8
	Izdvajanje iz nac. dohotka	10^9 Din	214,00	469,00	530,00	1213,00
	od nacionalnog dohotka	%	1,17	1,62	1,25	1,35
2	Nove investicije	10^9 Din	350,00	740,00	900,00	1990,00
	Ulaganje iz dobiti	,,	7,20	14,80	24,50	
	Dio amortizacije	,,	84,40	132,6	209,40	
	Vrijed. star. mater.	,,	5,40	12,60	14,10	
	Ukupno iz elektroprivrede	,,	97,00	160,00	248,00	505,00
	od investicija	%	27,7	21,6	27,6	25,4
	Izdvajanje iz nac. dohotka	10^9 Din	253,00	580,00	652,00	1485,00
	od nacionalnog dohotka	%	1,38	2,00	1,53	1,63
3	Nove investicije	10^9 Din	400,00	850,00	1040,00	2290,00
	Ulaganje iz dobiti	,,	9,00	17,30	29,30	
	Dio amortizacije	,,	98,80	155,00	245,00	
	Vrijed. star. mater.	,,	6,20	15,70	16,90	
	Ukupno iz elektroprivrede	,,	114,00	188,00	292,00	594,00
	od investicija	%	28,5	22,1	28,0	25,9
	Izdvajanje iz nac. dohotka	10^9 Din	286,00	662,00	748,00	1696,00
	od nacionalnog dohotka	%	1,56	2,29	1,76	1,89

Konačno ne smiju se podcijeniti ni tendencije nekih stručnih krugova, koji ukazuju na veoma niski nivo današnjih cijena električne energije, i traže da se te cijene usklade s cijenama ostalih privrednih grana. Kako takovo stanovište ima stanovitu opravdanost, može se s dostatnom vjerojatnosti ocijeniti, da će se ove endencije u većoj ili manjoj mjeri i ostvariti. U tome slučaju bi tendiranje cijena električne energije prema varijanti 3 bilo još vjerojatnije.

Oslanjajući se na sva prednja promišljanja, može se zaključiti s dovoljno vjerojatnosti, da će se perspektivni razvoj cijena električne energije kretati u granicama koje su omeđene varijantama 2 i 3, koje pokazuje slika 4. Izraženo drugim riječima to znači da ima dovoljno vjerojatnosti da će se prognozirane vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta kretati u perspektivnom razvoju do godine 1975. u granicama određenim varijantom 2 kao nižom granicom i varijantom 3 kao višom granicom, kako je to iskazano u tablici 15.

Iz dijagrama slike 4 moguće je ocijeniti i vremenska odstupanja proračunanih perspektivnih prosječnih cijena električne energije prema prognoziranim ostvarenjima po godinama. U tu svrhu prikazane su vjerojatno moguća odstupanja količine potrebne energije za $\pm 25\,\%$ u odnosu na godinu 1975.

Tako se primjerice prosječna cijena električne energije prema varijanti 2 od 11,33 Din/kWh prognozirana za godinu 1970, može vjerojatno ostvariti između 1968. i 1973.

Isto se tako može pronaći da će se u slučaju, ako se primjerice godine 1975. ostvari ukupna proizvodnja od samo 35.000 GWh, polučiti donja granica prosječne cijene od 9,25, a gornja od 13,50 Din/kWh.

2.4 AKTUALIZACIJA VRIJEDNOSTI BRUTO-PRODUKTA U PERSPEKTIVNOM RAZVOJU ELEKTROPRIVREDE

Kako je vjerojatno da će na budući razvoj elektroprivrede pored energetskog utjecaja, doći do izražaja i ekonomski utjecaji, među kojima je naročito značajan utjecaj promjena cijena osnovnih sredstava, reprodukcionih materijala i radne snage, valja u proračun bruto-produkta uvesti elemente koji vode računa o tim promjenama. Treba pronaći metodu iznalaženja uvijek aktuelne vrijednosti bruto-produkta u perspektivnom razvoju.

Vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta Jugoslavije od 1960. do 1975.

Tablica 15

Mjesto predaje	Količina energije GWh/god.	Vjerojatna godina ostvarenja	Vrijednost bruto-produkta u 10^6 Din	
			Niža granica	Viša granica
Prag proizvodnje	7950	1960.	35.378	35.378
	15350	1965.	61.093	61.093
	28470	1970.	108.755	108.755
	43350	1975.	157.794	157.794
Prag prijenosa	7400	1960.	44.696	51.208
	14300	1965.	79.651	89.232
	26700	1970.	143.913	159.399
	40700	1975.	206.349	234.839
Prag distribucije	5000	1960.	86.500	107.000
	9800	1965.	139.846	169.540
	17800	1970.	239.232	288.894
	26900	1975.	347.548	438.470
Sva mjesta predaje potrošačima	6.710	1960.	96.960	118.767
	12950	1965.	157.602	189.070
	24070	1970.	272.826	326.525
	36850	1975.	398.717	496.370

Uvažujući strukturne karakteristike troškova u elektroprivredi, koje nam ukazuju da je daleko pretežni dio troškova opskrbe potrošača električnom energijom stalnog karaktera, ukazalo se svrsishodnim primijeniti metodu izračunavanja vrijednosti bruto-produkta na osnovu vrijednosti osnovnih sredstava primjenom stopa troškova. Pretpostavivši da je za potrebe perspektivnog ekonomskog planiranja dovoljno tačno smatrati kao promjenljive troškove samo troškove goriva, nužno je njihovo iznalaženje povezati s količinom proizvodnje u termoelektranama, specifičnim troškom topline i cijenom goriva.

Povezujući vrijednost osnovnih sredstava i troškove goriva sa indeksima korekcije tržnih cijena dobivamo podesne elemente za aktualizaciju bruto-produkta tokom njegovog perspektivnog razvoja.

2.4.1 Jednadžbe aktualizacije elektroprivrednog bruto-produkta

Koristeći metodu iznalaženja vrijednosti osnovnih sredstava i stopa troškova prema prethodno opisanom moguće je, podjelom elektroprivredne opskrbne djelatnosti na hidroproizvodnju i termoproizvodnju, za prijenos i distribuciju postaviti osnovnu jednadžbu za iznalaženje aktuelne vrijednosti bruto-produkta kako slijedi [3]:

$$BP_n = (V_{H_o} + W_{H_n} \cdot f_H) \cdot k_n \cdot st_{H_n} + (V_{T_o} + W_{T_n} \cdot f_T) \cdot k_n \cdot st_{T_n} + (V_{P_o} + W_{P_n} \cdot f_P) \cdot k_n \cdot st_{P_n} + (V_{D_o} + W_{D_n} \cdot f_D) \cdot k_n \cdot st_{D_n} + W_{T_n} \cdot w_n \cdot c_{cal_n} \cdot k_n + W_{nab_n} \cdot c_{nab_n} \cdot k_n \quad \text{Din/god}$$

U prednjoj jednadžbi znače:

V_{H_o}, V_{T_o}, V_{P_o} i V_{D_o}	poznate polazne vrijednosti osnovnih sredstava u Din $\cdot 10^6$ hidroelektrana, termoelektrana, prijenosa i distribucije
V_{H_n}, W_{T_n}, W_{P_n}, W_{D_n} i W_{nab_n}	količine energije na pragu hidroelektrana, termoelekrana, prijenosa i distribucije te nabavljene energije u GWh u promatranoj n-toj godini
f_H, f_T, f_P, f_D	faktori razvoja vrijednosti osnovnih sredstava za hidroelektrane, termoelektrane, prijenos i distribuciju koji vrijede za promatrani vremenski period
k_n	faktor korekcije cijene za određenu promatranu godinu
st_{H_n}, st_{T_n}, st_{D_n}	stope troškova u postocima vrijednosti osnovnih sredstava u djelatnostima proizvodnje u hidroelektranama i termoelektranama, u prijenosu i distribuciji, za promatranu godinu
w_n	specifični potrošak topline praga termoelektrana u kcal za n-tu godinu
c_{cal_n}	cijena topline franko elektrana u Din/1000 kcal u n-toj godini
W_{nab_n} i c_{nab_n}	količina nabavljene energije u GWh i cijena nabave u Din po GWh u n-toj godini.

Mjesto jedinstvenog faktora korekcije cijena k_n mogu se primijeniti i različiti faktori korekcije po granama djelatnosti.

Uvodeći u prednju jednadžbu

$$W_{H_n} = v \cdot W_{u_n};\ W_{T_n} = t \cdot W_{u_n};\ W_{nab_n} = n \cdot W_{u_n},$$

gdje je W_{u_n} ukupna raspoloživa energija na pragu proizvodnje, odnosno nabave, i uvrštujući nadalje $W_{p_n} = p \cdot W_{u_o}$, $W_{D_n} = d \cdot W_{u_n}$, u kojim izrazima p i d označuju faktore udjela energije na pragu prijenosa i na pragu distribucije od ukupno raspoložive energije, dobije se

$$BP_n = (V_{H_o} \cdot st_{H_n} + V_{T_o} \cdot st_{T_n} + V_P \cdot st_{P_n} + V_D \cdot st_{D_n}) \cdot k_n + W_u [(v \cdot f_H \cdot st_{H_n}) + (t \cdot f_T \cdot st_{T_n}) + (p \cdot f_P \cdot st_{P_n}) + (d \cdot f_D \cdot st_{D_n}) + (t \cdot w_n \cdot c_{cal_n}) + (n \cdot c_{nab_n})] \cdot k_n \quad \text{Din/god}$$

Ako radi daljnjeg pojednostavnjenja pretpostavimo, da ekonomski opravdane stope troškova ostaju nepromijenjene kroz cijeli promatrani perspektivni period te odabirajući aritmetsku sredinu njihovih međusobnih odnosa u god. 1965. i 1970. kao konstantnu, dakle da je

$$st_H : st_T : st_P : st_D = 8{,}30 : 17{,}00 : 11{,}55 : 17{,}80,$$

dobivamo polazeći od $st_H = 8{,}30$ zaokruženo

$$st_T = 2 \cdot st_H = 16{,}50$$
$$st_P = 1{,}4 \cdot st_H = 11{,}50$$
$$st_D = 2{,}10 \cdot st_H = 17{,}50$$

Koristeći nadalje plan uvrštenja elektrana u pogon i povećanja vrijednosti osnovnih sredstava u perspektivnom razvoju elektroprivrede, kako je to obrađeno u tački 2.2.1, slijedi da je $f_H = 23{,}5$, $f_T = 17{,}6$, $f_P = 11{,}5$ i $f_D = 38$.

Nadalje slijedi iz polaznih vrijednosti da je

$$V_{H_o} + V_{T_o} + V_{P_o} + V_{D_o} =$$
$$V_o = (100 + 50 + 70 + 80) \cdot 10^9 \text{ Djn}$$
$$= 300 \cdot 10^9 \text{ Din}$$

Uvrštenjem prednjih vrijednosti u osnovnu jednadžbu bruto-produkta, u kojoj je prvi član zamijenjen oznakom $A \cdot 10^9 \cdot k_n$ dobivamo

$$BP_n = A \cdot 10^9 \text{ Din} \cdot k_n + W_{u_n} (1{,}94\, v + 2{,}9\, t + 1{,}28\, p + 6{,}7\, d) + k_n + (t \cdot W_n \cdot c_{kcal_n} + n \cdot c_{nab_n})\, k_n \quad \text{Din/god.}$$

U daljnjem pojednostavnjenju računa može se pretpostaviti konstantnost količinskih odnosa u proizvodnji hidroenergije i termoenergije. Koristeći se postavljenom energetskom bilancom vidimo da je omjer u strukturi proizvodnje u pojedinim godinama slijedeći:

Godina	v	t
1960.	0,66	0,34
1965.	0,735	0,265
1970.	0,71	0,29
1975.	0,70	0,30

Odabirajući kao prosjek $v = 0{,}70$, $t = 0{,}30$ i $n = 0{,}0$ dobivamo, uz pretpostavku da je $p = 0{,}94$, a $d = 0{,}58$, konačno

$$BP_n = (A \cdot 10^9 + W_{u_n} \cdot 8{,}40) \cdot k_n \quad \text{Din/god}$$

Kontrolirajući prednji oblik jednadžbe s prethodno izvršenim proračunima za 1975, za koju je $W_{un} = 43.350 \times 10^6$, dobivamo

$$BP_n = (A + 43{,}35 \cdot 8{,}40)\, 10^9 =$$

$$= (A + 365)\, 10^9 \quad \text{Din/god}$$

Kako za A vrijedi

$$A = 100 \cdot 0{,}083 + 50 \cdot 0{,}165 + 75 \cdot 0{,}115 + 80 \cdot 0{,}175 =$$

$$= 8{,}3 + 8{,}3 + 8{,}3 + 14 = 38{,}9$$

proizlazi da je

$$BP_n = (38{,}9 + 365) \cdot 10^9 = 403{,}9 \cdot 10^9 \quad \text{Din/god}$$

Ova vrijednost leži sa oko 10 % ispod sredine procijenjenih granica vjerojatnih varijacija vrijednosti elektroprivrednog bruto-produkta (vidi tablicu 15).

2.4.2. Osnove za utvrđivanje indeksa promjena cijena materijala, rada i drugih elemenata bruto-produkta

U osnovnoj jednadžbi za bruto-produkt nalazi se i faktor promjene cijena materijala i drugih elemenata elektroprivrednog bruto-produkta, označen sa k_n. Brojčano predviđanje razvoja ovog koeficijenta prelazi granice ove studije. U pogledu principa njihovog iznalaženja nužno je međutim kazati slijedeće.

Budući da se može tačno utvrditi značaj i važnost pojedinih komponenti troškova u bruto-produktu, to se može i pomoću određenog statističkog mehanizma ocijeniti i utjecaj djelovanja pojedinih spoljnih faktora na pojedine komponente troškova ili na sam bruto-produkt u cjelini. Pogodan mehanizam koji ukazuje na taj utjecaj tržišnih cijena i drugih faktora jeste »indeks cijena troškova elektroprivrede« [8].

Za razliku od ostalih indeksa cijena (indeks cijena na malo, indeks cijena na veliko, indeks troškova života, indeks cijena proizvođača itd.) koje danas zvanično vode određene državne institucije, indeks cijena troškova elektroprivrede predstavljao bi neku vrstu posebnog specijaliziranog indeksa koji prati promjene tržišnih i drugih faktora određenih proizvoda i usluga i mjeri utjecaj ovih faktora na promjene u troškovima elektroprivrede, odnosno na nivo njezinog bruto-produkta. Na taj način elektroprivreda bi imala mogućnosti da putem jednog objektivnog mjerila utvrdi u kojoj mjeri su promjene tržišnih cijena i drugih faktora (npr. promjene cijene ugljena, željezničkih tarifa, cementa, betonskog željeza, građe, plaća radnika ili promjene kamatnih stopa) prouzrokovale porast bruto-produkta elektroprivrede. Što se tiče naše zemlje, dosada se ovakav indeks nije vodio, iako se već odavno ukazala praktična potreba da se on kod nas uvede.

Literatura

[1] Ing. J. Jerić, *Metode procjene konzuma, izbora elektrana i bilanciranja u elektroenergetskim sistemima.* Institut za elektroprivredu u Zagrebu 1952.

[2] Dipl. oec. H. J. Beckmann, *Methodische Probleme bei der Perspektivplanung der Elektroenergie.* »Energietechnik« 1960, br. 4.

[3] Ing. B. Filipović, *Planiranje dugoročnog razvoja elektroprivrednog bruto-produkta.* Institut za elektroprivredu u Zagrebu 1961.

[4] Dr ing. H. Požar, *Praktična upotreba konzumnog okvira za izradu energetskih bilanca.* Elektroprivreda 1952, br. 4/5.

Dr ing. H. Požar, *Nove mogućnosti za izradu elektroenergetskih bilanca velikih elektroenergetskih sistema.* »Energija« 1959, br. 3–4.

A. Kroms, *Leistungs- und Energiebilanz der Verbundsysteme.* »ÖZE« 1958, br. 6 i 8.

Dipl. Ing. E. Markus, *Die langfristige Planung für Elektroenergie in der Deutschen Demokratischen Republik.* »Energietechnik« 1959, br. 11.

Dr. C. Jaeger, *Planning Expanding Electrical Systems.* »Water Power« 1961, br. 4.

[5] Dipl. oec. L. Wipplinger, *Račun troškova za iznalaženje ekonomičnosti kod projektiranja elektroprivrednih postrojenja.* Institut za elektroprivredu u Zagrebu 1959.

[6] *Bruto-produkt proizvodnih, prenosnih, distributivnih preduzeća i elektroprivrednih zajednica za 1960. god.* Zajednica jugoslavenske elektroprivrede.

[7] *Društveni plan privrednog razvitka Jugoslavije od 1961. do 1965.*

[8] Dr M. Djurić, *Nacrt jedinstvenog tarifnog sistema jedinstvenih opštih uslova o isporuci električne energije i tarifnih stavova na prenosnoj mreži FNRJ i prenosnoj mreži po republikama.* Dio 5. 4. *Indeks cena troškova elektroprivrede.* Institut za elektroprivredu u Zagrebu 1961.

Naslov pisca: Ing. Božidar Filipović, Institut za elektroprivredu Zagreb, Proleterskih brigada 37

JUGOSLAVENSKI IZVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U ITALIJU

Pored postojećeg aranžmana Zajednice jugoslavenske elektroprivrede i Elektroprivrednog društva za Veneciju i Julijsku Krajinu [SELVEG] o stalnoj razmjeni električne energije između Jugoslavije i Italije, sklopljen je ovih dana novi ugovor o Krajinu [SELVEG] o stalnoj razmjeni električne energije između tog ugovora Jugoslavija će do konca jula 1963. isporučiti Italiji 52,5 milijuna kWh, i više, u slučaju povoljne energetske situacije. Električna energija će se prenositi iz elektrana Slovenije i Hrvatske preko Divače.

Uskoro će biti dovršen i dalekovod 220 kV na relaciji HE Nikola Tesla – TS Matulji, s kojim će se ukloniti poteškoće prijenosa, kojih je bilo na postojećem vodu 110 kV iste relacije. U cilju osiguranja boljeg napona postavlja se i poseban autotransformator u TS Divača.

Električna energija se izvozi i iz HE Plave na Soči u Goricu postojećim dalekovodom 50 kV.

Jugoslavenskom električnom energijom Italija će snabdijevati potrošače područja Trsta i Gorice. Ova područja će se povremeno odvajati od talijanskog i priključivati na jugoslavenski elektroenergetski sistem, isto tako, kao što se i koparsko područje periodično odvaja od jugoslavenske i priključuje na talijansku električnu mrežu. Proučava se također i mogućnost prijenosa električne energije iz Austrije u Italiju preko jugoslavenske električne mreže, pri čemu bi Jugoslavija preuzela na sebe isporuku izvjesnih količina energije Italiji za račun Austrije.

U cilju unapređenja ove suradnje osniva se regionalna elektroprivredna grupa Jugoslavija – Italija – Austrija »SUDEL«, koja će se učlaniti u Udruženje za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije »UCUPTE« [vidi: Energija« br. 5–6/1962]. Ovime se, međutim, ne isključuje mogućnost istovremenog paralelnog pogona s Mađarskom ili nekom drugom susjednom zemljom. Predviđa se da će Italija postati jedan od glavnih kupaca jugoslavenske električne energije. [Privredni pregled, 1. X 1962].

DF

PREKOSTRUJNA ZAŠTITA GENERATORA KAO ZAŠTITA OD VANJSKIH I UNUTARNJIH KVAROVA

Referat za VI zasjedanje JNK CIGRÉ u Budvi 1962.

Velimir Hangi, Zagreb

Prekostrujna zaštita generatora odnosno generatorskih grupa tretira se kod nas i u svijetu na dva načina i to kao zaštita od vanjskih kvarova ili kao zaštita od unutarnjih kvarova. U prvom slučaju prekostrujna zaštita aktivira samo izbacivanje učinske sklopke generatorske grupe, a generator ubrzo postiže nazivni napon i frekvenciju, sposoban da se odmah sinhronizira na mrežu. U drugom slučaju prekostrujna zaštita pored odvajanja generatora od mreže, provodi demagnetizaciju i zaustavljanje generatora, što utječe na brzinu ponovnog ulaska u pogon na mrežu. Autor, poučen konkretnim pogonskim događajem i specifičnošću pogona našeg sistema 110 kV, predlaže jednostavnu adaptaciju prekostrujne zaštite, kako bi ispunjavala oba postavljena zahtjeva.

DK 621.316.93:621.313.12

UVOD

U Hidroelektrani Gojak došlo je do kvara na učinskoj sklopci jedne od generatorskih grupa. Ovaj kvar i njegove posljedice potaknuli su na rješavanje problem prekostrujne zaštite generatora, odnosno njenog tretmana.

Do sada se prekostrujna zaštita generatora kod nas pretežno tretirala kao zaštita isključivo od vanjskih kratkih spojeva, što uz prednost u pogledu brzine ulaska generatora u pogon na mrežu, krije izvjesne opasnosti u pogledu uspješnosti štićenja bloka od unutarnjih kvarova, kako je pokazao i kvar u HE Gojak.

Potrebno je da se u svjetlu ovog događaja ponovno analizira namjena prekostrujne zaštite generatora u sklopu ostalih zaštitnih uređaja bloka generator-transformator, pa da se na osnovu takve analize i ocjene stvarnog rizika koji proizlazi iz dosadašnje prakse, odlučimo ili za postojeći tretman prekostrujne zaštite kao zaštite isključivo od vanjskih kvarova u mreži, ili da je tretiramo kao zaštitu od unutarnjih kvarova na bloku generator-transformator, što vodi razbuđivanju i zaustavljanju generatorske grupe, a što je posebno neugodno kod bloka s otcjepom za vlastitu potrošnju. I konačno potrebno je da se proanalizira mogućnost kombiniranog rješenja bilo pomoću dodatne zaštite od unutarnjih kvarova na bloku, bilo takovom adaptacijom prekostrujne zaštite, da objedini obje svoje funkcije zaštite od vanjskih i unutarnjih kvarova generatorske grupe.

OPIS KVARA NA SKLOPCI 110 kV u HE GOJAK

U Hidroelektrani Gojak došlo je 6. 6. 1961. u 20,20 sati do kvara koji je u mehaničkom i termičkom pogledu ozbiljno ugrozio generator II tako da je moglo doći do teške havarije.

Tok ovog događaja je slijedeći: zbog dozemnog spoja u slovenskom gašenom dijelu mreže 110 kV došlo je do proradivanja rastavnih releja i odvajanja prema Sloveniji. Kako je Slovenija u to vrijeme dobavljala velike količine električne energije hrvatskom dijelu sistema, a HE Vinodol bila je izvan pogona zbog remonta, to je cjelokupno opterećenje ostalo na TE Konjščina, HE Gojak i sistemu Bosne. Uslijed vrlo visokog preopterećenja došlo je i do odvajanja od Bosne djelovanjem distantne zaštite u transformatorskoj stanici Resnik, a nakon toga dolazi do ispada pomenutih dviju elektrana, tako da je raspad sistema bio potpun.

U TE Konjščina ispadaju djelovanjem prekostrujnog vremenskog člana prekostrujno-termičke zaštite sva tri turbogeneratora zbog vrlo visokog opterećenja.

U HE Gojak dešava se slijedeće: generatorska grupa I odvaja se od mreže djelovanjem prekostrujnog vremenskog člana prekostrujno-termičke zaštite uslijed vrlo visokog opterećenja, uz signalizaciju termičkog člana zbog preopterećenja. Generatorska grupa III odvaja se od mreže neselektivnim djelovanjem diferencijalne zaštite blokovskog transformatora, pri čemu signaliziraju prekostrujni vremenski član i termički član prekostrujno-termičke zaštite.

I konačno prekostrujni vremenski član prekostrujno-termičke zaštite generatora II daje impuls za izbacivanje pripadne sklopke. Međutim u momentu iskapčanja dolazi do kvara odn. preskoka luka na učinskoj sklopci, tako da generator i dalje napaja kratki spoj koji sklopka nije odvojila. Tek nakon ručne demagnetizacije, pritiskom na dugme za demagnetizaciju i zaustavljanje generatora, napon se ruši i napajanje kvara prestaje. Ovom prilikom došlo je i do signalizacije termičkog člana prekostrujno-termičke zaštite i ove generatorske grupe.

ELEKTRIČNA ZAŠTITA BLOKOVSKOG SPOJA GENERATOR-TRANSFORMATOR U HE GOJAK

Ovdje ćemo navesti električne zaštitne uređaje od kojih je zaštita od unutarnjih kvarova, a koja je za našu analizu opisanog događaja jedino važna, prikazana i na priloženoj shemi bloka generator-transformator. Kako na shemi tako i ovdje u tekstu bit će dano područje štićenja pojedinih zaštitnih uređaja. Bit će također navedeno što aktiviraju pojedini zaštitni uređaji.

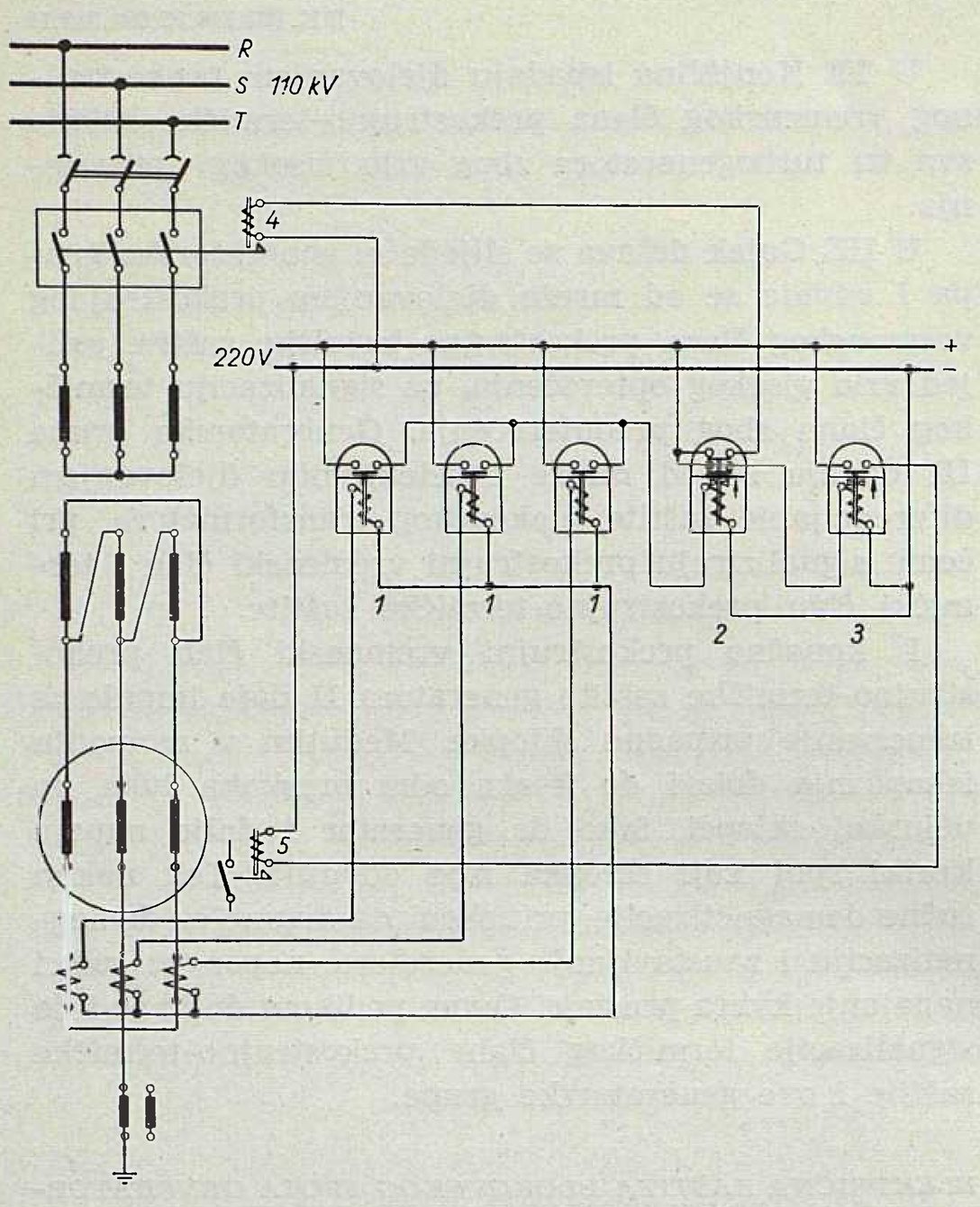
a) Zaštita od unutarnjih kvarova

Diferencijalna zaštita generatora štiti generator od višepolnih kratkih i dozemnih spojeva. Područje štićenja obuhvaća cjelokupni generatorski namot pa sve do strujnih transformatora u zvjezdištu odnosno na izvodima generatora na koje je zaštita priključena. Svojom proradom djeluje na pripadnu sklopku, demagnetizaciju, brzo zatvaranje turbine i protupožarnu zaštitu CO_2.

Diferencijalna zaštita blokovskog transformatora štiti ga od višepolnih kratkih i dozemnih spojeva te od jednopolnih dozemnih spojeva namotaja na strani

110 kV za naš slučaj krutog uzemljenja zvjezdišta. Područje štićenja obuhvaća oba transformatorska namota pa sve do strujnih transformatora s obje naponske strane na koje je priključena. Aktivira iskapčanje pripadne sklopke, demagnetizaciju generatora i brzo zatvaranje turbine.

Zemljospojna zaštita statorskog namota generatora štiti namot generatora i niženaponski namot transformatora s kojim je u galvanskoj vezi od jednopolnog dozemnog spoja. Priključuje se na naponske transformatore u zvjezdištu i na izvodima generatora. Aktivira izbacivanje pripadne sklopke, demagnetizaciju generatora i brzo zatvaranje turbine.



Sl. 1. Shematski prikaz prekostrujne zaštite generatora kao zaštite od unutrašnjih i vanjskih kvarova

1 prekostrujni releji, *2* vremenski relej, *3* dodatni vremenski kontaktor, *4* sklopka generatorske grupe, *5* sklopnik za demagnetizaciju

Buholzov relej blokovskog transformatora, iako predstavlja mehaničku a ne električnu zaštitu, treba ga ovdje ipak navesti, jer predstavlja osnovnu zaštitu od unutarnjih kvarova u transformatoru. Plinski plovak djeluje samo na signalizaciju dok cirkulacioni aktivira izbacivanje pripadne sklopke, demagnetizaciju generatora i brzo zatvaranje turbine. Ova zaštita obuhvaća samo kvarove unutar kotla transformatora.

Signalizacija zemljospoja rotorskog namota generatora. Služi samo za signalizaciju dozemnog spoja rotorskog namota, kako bi se ovaj što prije otklonio, jer postoji opasnost od dvostrukog dozemnog spoja, koji može prouzrokovati poteškoće u toj mjeri da generator treba isključiti. Ova zaštita uopće nije interesantna za naše razmatranje, no navodi se radi cjelovitosti.

b) Zaštita od vanjskih kvarova

Prekostrujna vremenska zaštita. Ovdje prekostrujni vremenski član prekostrujne termičke zaštite štiti blok generator-transformator od vanjskih kratkih spojeva. Priključena je na strujne transformatore u zvjezdištu generatora. Aktivira izbacivanje pripadne učinske sklopke.

Ukoliko bismo zahtijevali da služi i kao rezervna zaštita od unutarnjih kvarova bloka generator-transformator, tada bi bilo potrebno da aktivira, pored izbacivanja učinske sklopke, i demagnetizaciju i brzo zatvaranje turbine.

c) Zaštita od preopterećenja

Termička zaštita. Termički član prekostrujno-termičke zaštite odslikava temperaturno stanje štićenog generatora te signalizira preopterećenje. Ne djeluje na isključenje bloka nego samo upozorava pogonsko osoblje, te nije od bitne važnosti za analizu ovog pogonskog događaja.

d) Ostala električna zaštita

Prenaponska zaštita služi za zaštitu generatora od pogonskih prenapona, koji bi mogli dovesti do oštećenja izolacije namota; prema tome ne služi za otklanjanje već nastalih kvarova. Priključuje se na naponske transformatore na izvodima generatora. Sadrži vremenski i momentani relejni član. Aktivira izbacivanje sklopke, demagnetizaciju generatora i brzo zatvaranje turbine.

Povrat energije je zaštita koja odvaja generator od mreže, ukoliko ovaj zbog izostanka pogonskog sredstava prijeđe na motorno područje rada.

DJELOVANJE ZAŠTITE PRILIKOM KVARA NA SKLOPCI

Na osnovu prethodnog opisa prekostrujna zaštita u HE Gojak ne predstavlja efikasnu rezervnu zaštitu od unutrašnjih kvarova na generatorskoj grupi, jer ne aktivira demagnetizaciju generatora; to je pokazao i opisani događaj. Njena je namjena da štiti generator od vanjskih kratkih spojeva u mreži time da odvaja generator od mreže. Tu svoju funkciju izvršila je tokom pomenutog raspada sistema na generatorskoj grupi I odn. sve tri generatorske grupe u TE Konjščina. Kod takvog odvajanja regulator napona treba napon, koji ima tendenciju povišenja zbog potpunog rasterećenja, vratiti na nazivni napon, a turbinski regulator treba turbinu, koja ima u tom slučaju tendenciju povećanja broja okretaja, vratiti na nazivni broj okretaja odn. nazivnu frekvenciju, tako da je generatorska grupa spremna, da se na nalog dispečera odmah sinhronizira na mrežu.

Postavlja se, međutim, problem štićenja spojne veze od strujnih transformatora 110 kV do učinske sklopke kao i same učinske sklopke odn. njenog dijela od mjesta rastavljanja prema blokovskom transformatoru. Ovo područje ne obuhvaća niti jedna zaštita od unutarnjih kvarova, a koje ujedno aktiviraju demagnetizaciju odn. brzo zatvaranje turbine. Činjenica je da su kvarovi na spomenutom dijelu vrlo rijetki, no ipak mogući kako je i praksa pokazala, te

će o tome u buduće trebati najozbiljnije povesti računa, jer posljedice mogu biti katastrofalne. U slučaju kakav se je dogodio u HE Gojak, kada ispadnu sve tri generatorske grupe, kada se nakon toga pojavi luk, tako da noću sve postane vidljivo kao po danu, a mašine zuje i vibriraju u kratkom spoju, ne možemo se pouzdati u moć rasuđivanja i brzinu reagiranja uklopnog osoblja. A to je jedino o čemu ovisi otklanjanje kvara u takvom slučaju. Prema ocjeni prisutnih ovaj je događaj mogao trajati nekoliko desetaka sekundi. Iako nije došlo do termičkog razaranja izolacije namota, što je u ovakvoj situaciji bila sretna okolnost, može se pretpostaviti da je ipak moglo doći do značajnog utjecaja odn. do starenja izolacije. To se u budućnosti može vrlo negativno odraziti kroz eventualna oštećenja i proboje izolacije namota.

Ukoliko blok generator-transformator ima otcjep za vlastitu potrošnju ili za vodeni otpor, što nije slučaj u HE Gojak, i ukoliko takav otcjep nije obuhvaćen diferencijalnom zaštitom niti generatora niti blokovskog transformatora, nego samo zemljospojnom zaštitom statorskog namota generatora, onda može doći do teškoća pri međufaznim kvarovima. Iako se može pretpostaviti da će u najvećem broju slučajeva ako i dođe do višepolne smetnje na tom dijelu, ove prerasti u dozemnu, ipak se mora računati s mogućnošću višepolne smetnje bez doticaja uzemljenih dijelova ili barem da takvo preraštenje u dozemni spoj može zahtijevati razmjerno više vremena. I u tom slučaju prekostrujna zaštita ostaje kao jedina mogućnost uspješnog štićenja, pa se i s te strane postavlja problem demagnetizacije. Naravno bitna uloga preko strujne zaštite leži i u rezervnom štićenju generatorske grupe od unutarnjih kvarova.

SADAŠNJA PRAKSA ŠTIĆENJA GENERATORA PREKOSTRUJNOM ZAŠTITOM

U našoj elektroprivredi

U našoj elektroprivredi prekostrujna zaštita generatora nije jedinstveno tretirana, pa čak ni u pojedinim republikama.

Elektroprivreda Slovenije, Hrvatske te Bosne i Hercegovine tretira prekostrujnu zaštitu generatora samo kao zaštitu od vanjskih kvarova, pa ova ne aktivira demagnetizaciju generatora.

Elektroprivreda Srbije ne tretira prekostrujnu zaštitu generatora jedinstveno, ali u posljednje vrijeme prevladava praksa, da prekostrujna zaštita aktivira demagnetizaciju i time služi kao rezervna zaštita od unutarnjih kvarova (HE Bistrica).

Elektroprivreda Makedonije tretira, kako smo obaviješteni, prekostrujnu zaštitu generatora kao zaštitu od vanjskih kvarova, tako da ne aktivira demagnetizaciju.

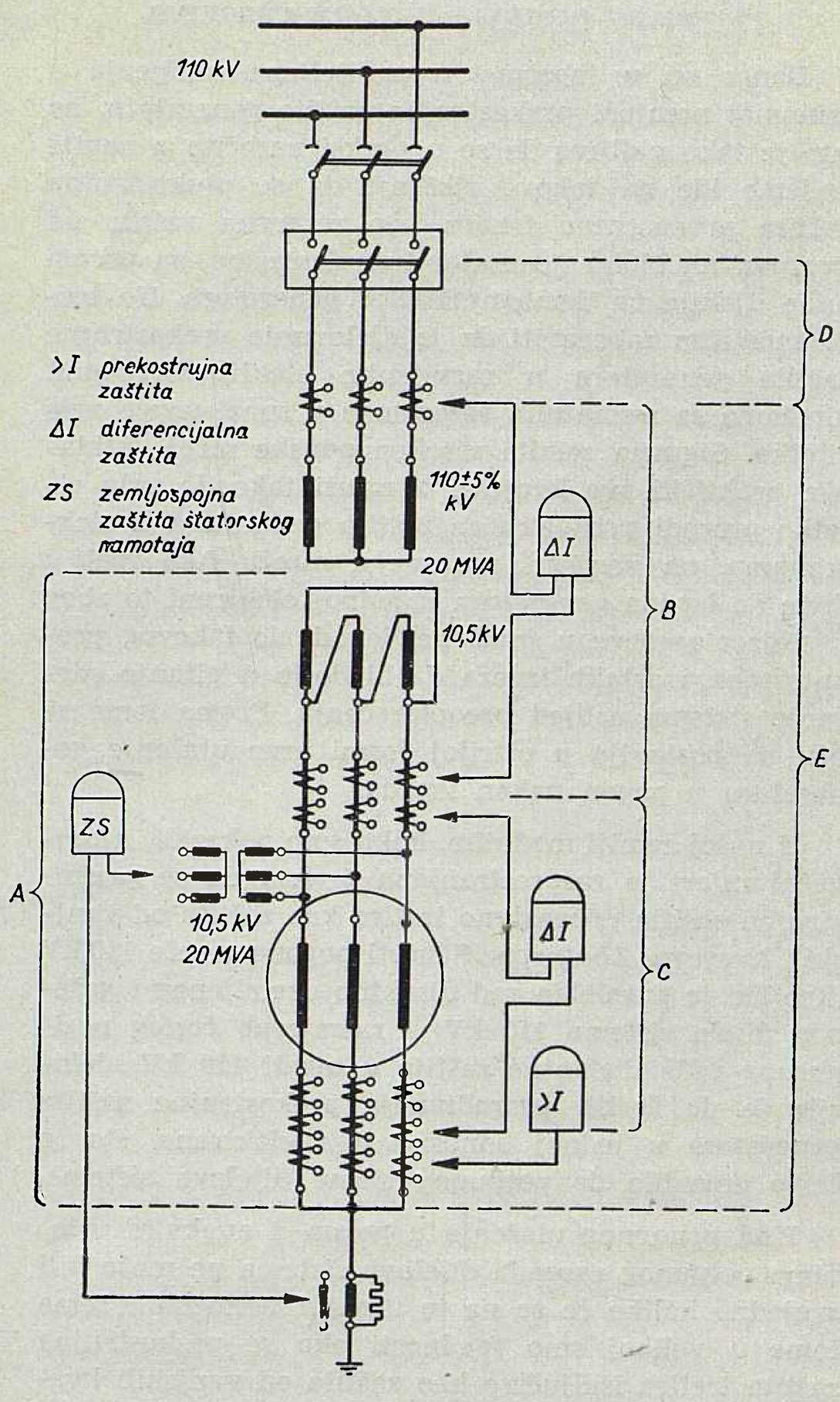
Inozemna praksa

Ovdje ćemo navesti mišljenje renomiranih vanjskih firmi i stručnjaka koji su svoje stavove iznijeli u literaturi koja je nama pristupačna.

Firma Brown Boveri (Švicarska) u svojim najnovijim publikacijama zastupa stanovište da prekostrujna zaštita normalno treba aktivirati demagnetizaciju osim ako je vlastita potrošnja priključena direktno na generatorski napon, što je kod nas slučaj kod bloka generator-transformator s otcjepom za vlastitu potrošnju. Znači da u tom slučaju firma BBC ipak ide na rizik da svi kvarovi na bloku ne budu otklonjeni djelovanjem ove zaštite, smatrajući vjerojatno da je taj rizik razmjerno vrlo malen.

Firma Siemens (Sav. Rep. Njemačka) u novijim publikacijama zastupa stanovište da prekostrujna zaštita treba aktivirati demagnetizaciju.

Firma AEG (Sav. Rep. Njemačka) u novijim publikacijama zastupa također stanovište da prekostrujna zaštita treba aktivirati demagnetizaciju dakle da služi kao zaštita od unutarnjih kvarova.



Sl. 2. Električna zaštita od unutarnjih kvarova i područja njenog štićenja, bloka generator-transformator u Hidroelektrani Gojak

Područja štićenja (p. š.)

A p. š. zemljospojne zaštite statorskog namotaja generatora, *B* p. š. diferencijalne zaštite blokovskog transformatora, *C* p. š. diferencijalne zaštite generatora, *D* p. osnovnog š. prekostrujne zaštite bloka, *E* p. rezervnog š. od unutarnjih kvarova prekostrujne zaštite bloka generator-transformator

M. W a l t e r, *Relejna zaštita* izdanje 1954, zastupa stanovište da prekostrujna zaštita djeluje obično samo na izbacivanje sklopke, a ne i na demagnetizaciju, dok regulator napona djeluje na smanjenje uzbude na normalnu pogonsku mjeru. Odatle je očito da prekostrujnu zaštitu promatra isključivo kao zaštitu od vanjskih kratkih spojeva.

H. N e u g e b a u e r, *Selektivschutz,* izdanje 1955, promatra prekostrujnu vremensku zaštitu kao, u najvećoj mjeri zadnju, rezervu zaštite mreže, dakle kao zaštitu od vanjskih kvarova, no ne izjašnjava se direktno o demagnetizaciji.

Elektroprivreda Švedske provodi zaštitu generatora tako da se prekostrujna zaštita vrši demagnetizacijom generatora.

Firma ASEA (Švedska) zastupa također stanovište da prekostrujna zaštita treba demagnetizirati generator.

PRIJEDLOG RJEŠENJA U NAŠIM USLOVIMA

Danas su u inozemstvu podijeljena mišljenja o osnovnoj namjeni prekostrujne zaštite generatora, no isto je tako vidljivo da se u praksi naročito u novije vrijeme ide na takovo rješenje da se prekostrujna zaštita prvenstveno tretira kao rezervna zaštita od kvarova na bloku generator-transformator, pa prema tome djeluje na demagnetizaciju generatora. Ne treba međutim zaboraviti da je djelovanje prekostrujne zaštite generatora u razvijenim elektroprivrednim mrežama sa neznatnim rezervama u snazi uopće vrlo rijetko. Sigurna zaštita visokonaponske mreže otklanja praktički sve kvarove u mreži tako da vrlo rijetko proradi prekostrujna zaštita generatora u elektranama, na vanjske kvarove u mreži. Ako ipak i dođe do ispada generatora u jednoj elektrani to zbog postojeće rezerve u snazi ne dovodi do takovog preopterećenja ostalih izvora da bi došlo u pitanje održanje sistema uslijed preopterećenja. Prema tome se niti ne postavlja u oštrijoj formi brzo ulaženje generatora u pogon nakon ispada.

U našoj zemlji međutim, kako smo pokazali, u najvećoj mjeri je rasprostranjena praksa da se prekostrujna zaštita prvenstvno tretira kao zaštita od vanjskih kvarova. Zbog specifičnosti pogona mreže 110 kV (kao što je paralelan rad direktno uzemljenog i gašenog dijela sistema 110 kV) i razmjerno čestog nesigurnog rada distantne zaštite u mreži 110 kV, dolazilo je do čestih proradivanja prekostrujne zaštite generatora u jednoj odnosno više elektrana, što je često dovodilo do potpunog sloma dijelova sistema.

Kod ponovnog ulaženja u pogon u ovakvim uslovima potpunog raspada dijelova sistema ne može biti svejedno koliko će se na to utrošiti vremena. Prema tome u velikoj smo prednosti ako se prekostrujna zaštita tretira isključivo kao zaštita od vanjskih kvarova te ne djeluje na demagnetizaciju. U tom slučaju, nakon odvajanja od mreže, generatori, kako je bilo spomenuto, prelaze djelovanjem automatskog regulatora napona i turbinskog regulatora na pogon u praznom hodu, te se odmah mogu sinhronizirati na mrežu. Otpada međutim rezervno štićenje bloka a posebno osnovno štićenje spomenutog dijela od sklopke do strujnih transformatora 110 kV što krije u sebi stanovitu opasnost pa to treba imati u vidu.

Tako smo došli do, na izgled, nerješivog protuslovlja odnosno do dileme da li u našim uslovima treba prekostrujnu zaštitu tretirati prvenstveno kao rezervnu zaštitu od unutarnjih kvarova na bloku s potrebom demagnetizacije, što može biti još posebno neugodno kod bloka s otcjepom za vlastitu potrošnju, ili je treba tretirati isključivo samo kao posljednju rezervnu zaštitu mrežne zaštite, a u tome je slučaju demagnetizacija nepoželjna.

Jedno i drugo rješenje međutim ima manjkavosti pa se samo po sebi nameće rješenje da prekostrujna zaštita generatora vrši obje opisane funkcije tj. da kod vanjskih kvarova samo odvaja generator od mreže bez demagnetizacije, a kod unutarnjih kvarova da pored odvajanja bloka u kvaru od zdrave mreže demagnetizira generator i brzo zatvori turbinu, što predstavlja jedino uspješnu mjeru.

To se može postići bez udvojene prekostrujne zaštite i to ili s prekostrujnom zaštitom kod koje vremenski relej ima mogućnost dvaju vremenskih udešenja, ili s dodatnim vremenskim kontaktorom uz normalnu izvedbu prekostrujne vremenske zaštite.

Kako u najviše slučajeva ne raspolažemo s prvom mogućnosti, to se može preporučiti kako za postojeće, tako i za nove elektrane u izgradnji, kompletiranje normalne izvedbe prekostrujne vremenske zaštite s dodatnim vremenskim kontaktorom prema priloženoj shemi.

Kod vanjskog kvara odnosno kvara u mreži prekostrujni releji (1) prorađuju i preko svojih kontakata pobuđuju pripadni vremenski član (2) koji nakon udešenog vremenskog zatezanja (na pr. 5 sekunda) izbacuje učinsku sklopku, a istodobno pobuđuje dodatni vremenski sklopnik (3). Kako međutim odvajanjem generatorske grupe od mreže relejem prestaje protjecati struja kvara to relej otpušta, a isto tako i pripadni vremenski relej i dodatni vremenski kontaktor, koji zbog dodatnog vremenskog zatezanja (na pr. 1 sekunda) nije niti dospio proraditi.

U slučaju unutarnjeg kvara (npr. na sklopci generatorske grupe) i nakon iskapčanja sklopke generatorske grupe, generator napaja i dalje mjesto kvara, pa prekostrujni relej ne otpušta, a isto tako niti pripadni vremenski relej i konačno niti dodatni vremenski kontaktor, koji nakon udešenog dodatnog vremenskog zatezanja aktivira demagnetizaciju generatora i zatvaranje turbine.

Zbog jednostavnosti rješenja, minimalnih dodatnih investicija i spomenutih prednosti za pogon mreža najviših napona, primijenit će se ovakovo rješenje s dodatnim vremenskim sklopnikom postepeno u svim postojećim elektranama na području Hrvatske, te postati i u budućnosti standardno rješenje za sve elektrane koje će se izgraditi.

Naslov pisca: Ing. Velimir H a n g i, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE

(Analitički osvrt)

Boris Tilić, Zagreb

Opisano je stanje i opseg gubitaka električne energije u distributivnim mrežama na području Hrvatske uz razmatranje mjesta nastajanja gubitaka, te praktične primjene skraćenog postupka analitičkog utvrđivanja gubitaka električne energije kao orijentacione veličine. Proširivanjem analitičkog postupka mjerenjima na široj osnovi postoji mogućnost da se za svaku distributivnu mrežu dobije pregled mogućnosti utjecaja poduzeća na smanjivanje gubitaka. Na kraju je dan primjer obračuna i analize gubitaka za jedno područje zajedno sa zaključcima cjelokupnog razmatranja.

DK 621.3.077

I UVOD

Gubici električne energije predstavljaju značajan faktor u ocjeni ekonomskog poslovanja tehničkih službi koje planiraju, nadziru i održavaju elektroenergetska postrojenja. Njihov utjecaj na strukturu troškova koji nalaze svoj odražaj konačno u tarifama električne energije je tolik, da zaslužuju posebnu pažnju, vršenjem analiza opravdanosti i uzroka nastajanja kao i poduzimanjem odgovarajućih zahvata, da se svedu u normalne okvire, ukoliko od njih odstupaju. U tom smislu osjeća se potreba, da se utvrde orijentacione veličine energetsko-tehnički opravdanih gubitaka skraćenim postupkom uzimajući u obzir primjenu već postojećih izraza i vrijednosti u tom području. Iz odnosa tako utvrđenih veličina, te mjerenja i kontroliranja kretanja električne energije dadu se izvući potrebni zaključci davanju ocjene gubitaka električne energije i načinu utjecanja na njih. Koliko je vrijedno pozabaviti se tim pitanjem proizlazi iz promatranja kretanja gubitaka u periodu 1957 — 1961. na području NR Hrvatske, prikazanih u tablici 1 (u GWh).

Gubici električne energije na području NRH

Tablica 1

	1957.	1958.	1959.	1960.	1961.
Energija predana svim postroj.	1339,46	1543,59	1552,19	1732,89	1939,91
	100	115,3	116	129,4	144,8
Energija predana distribuciji	959,27	1153,09	1319,42	1416,68	1603,83
Energija predana potroš. distribuciji	819,03	988,20	1142,91	1241,26	1399,87
	100	120,8	139,4	151,5	170,7
Gubici el. energije	140,24	164,88	176,51	175,42	203,96
	100	117,4	125,8	125	145,3
% gubitaka u odnosu na nabavu elektr. en. na područ. Hrvatske (1957: indeks 100)	10,48	10,67	10,40	9,17	9,5
	100	101,8	99,3	87,6	90,8
% gubitaka u odnosu na nabavu elektr. en. distributiv. poduzeća (1957: indeks 100)	14,61	14,28	13,38	12,39	12,7
	100	97,7	91,6	84,8	86,9

Pregled procentualnih gubitaka po poduzećima dan je u tablici 2.

Već prvi pogled na naprijed navedene tabelarne prikaze kretanja gubitaka u posljednjem petogodišnjem vremenskom razdoblju pokazuje slijedeće:

1) Minimalni gubici električne energije bili su u 1960. uz znatno zabilježeni pad u 1959. Pri tomu treba naglasiti, da je u 1959. donesena Odluka o štednji električne energije u pogledu grijanja prostorija, a 1960. primijenjene su nove tarife za grupu kućanstvo. Uslijed toga su se u strukturi potrošnje pojavile promjene smanjenjem potrošnje kućanstva uz normalan porast razvoja industrije. Smanjenje potrošnje kod kućanstva moglo je međutim utjecati na smanjenje

Pregled procentualnih gubitaka po poduzećima

Tablica 2

	Poduzeće	1957.	1958.	1959.	1960.	1961.
1	Elektra, Bjelovar	25,44	28,32	27,50	24,80	21,4
2	Elektra, Buje	17,01	18,12	16,55	16,14	7,8
3	Eldis, Čakovec*				11,25	10,4
4	Elektrojug, Dubrovnik	17,42	17,17	16,02	19,00	20,8
5	Elektrolika, Gospić	20,45	17,14	16,10	12,80	14,3
6	Elektra, Karlovac	19,84	19,02	18,29	18,14	16,5
7	Elektra, Koprivnica	12,66	18,35	22,50	22,15	23.3
8	Elektra, Križ	15,54	20,32	21,58	17,15	16,9
9	Elektroslavonija Osijek	16,51	14,21	12,17	10,83	10,3
10	Elektroistra, Pula	9,79	11,15	11,52	11,05	11,0
11	Elektroprimorje Rijeka	15,22	14,46	13,34	12,12	13,2
12	Elektra, Sisak	19,21	20,20	12,15	10,30	10,4
13	Elektrodalmacija, Split	12,87	13,93	9,34	8,26	11,6
14	Električno pod. Šibenik	9,52	9,94	12,10	10,82	9,9
15	Elektra, Varaždin*	12,17	10,20	—	9,71	10,7
16	Elektra, Zabok	17,41	17,58	17,23	19,53	19,0
17	Elektra, Zadar	16,35	16,74	13,48	17,62	16,0
18	Elektra, Zagreb	15,27	15,32	13,92	12,61	12,2
19	NR Hrvatska, distribucija	14,61	14,28	13,38	12,39	12,7
20	NR Hrvatska, ukupno	10,48	10,67	10,40	9,17	9,5

gubitaka, samo ukoliko je pri tome smanjeno preopterećenje, a obrnuto kada su se slabo opterećena postrojenja zbog toga još lošije iskorištavala. Pri tom je procentualni udio pojedinih grupa u strukturi potrošnje bio slijedeći:

	1957.	1958.	1959.	1960.	1961.
Specijalna velepotrošnja	29,98	26,72	25,18	27,02	27,11
Opća velepotrošnja	34,03	33,11	34,21	35,68	34,80
Komunalna velepotrošnja	4,34	4,16	4,08	3,99	3,81
Kućanstvo	21,92	25,93	26,37	22,74	23,58
Ostala malopotrošnja	9,73	10,08	10,16	10,57	10,70

Daljnji utjecaj na smanjivanje gubitaka u istom periodu imalo je ukidanje paušalnog plaćanja potroška električne energije, koje je trebalo biti okončano u 1960.

* Podaci za 1960 i 1961. ne obuhvataju Eldis–Čakovec, koji se 1959. izdvojio od matičnog područja, dok za 1959. nisu utvrđeni, obzirom na razdvajanje sa 1. VII 1959.

2) Razvoj potrošnje i odnosi tarifa električne energije pokazuju, da se može očekivati u narednim godinama porast potrošnje grupe kućanstva i promjene u strukturi potrošnje između pojedinih grupa potrošača. To može dovesti do ponovnog porasta gubitaka električne energije pogotovo ako bi promjena strukture izazvala smanjenje maksimalnog upotrebnog vremena.

3) Visina gubitaka električne energije na područjima distributivnih poduzeća direktno je funkcija strukture potrošnje grupa potrošača, pri čemu razvijena industrijska područja s većim maksimalnim upotrebnim vremenom imaju niže gubitke od onih industrijski nerazvijenih s pretežno seoskom elektrifikacijom. Kod industrijskih područja bitno je da li se električna energija predaje na niskom, srednjem ili visokom naponu, jer potrošač kod predaje na srednjem i visokom naponu preuzima troškove gubitaka u niskonaponskim, odnosno srednjenaponskim postrojenjima na svoj teret.

4) Izgradnja novih postrojenja dvojako utječe na ostvarivanje procenta gubitaka električne energije i to povoljno u gradskim preopterećenim ili nominalno opterećenim postrojenjima, a nepovoljno kod slabo iskorištenih seoskih postrojenja. U prvom se naime slučaju, rasterećivanjem opterećenih postrojenja iznad optimuma snizuje opterećenje, o kojemu su gubici ovisni s drugom potencijom, dok u drugom slučaju utječu vrlo visoki gubici praznog hoda transformacije i općenito gubici u vrlo dugačkim vodovima koji su zbog nedovoljnih investicionih sredstava često puta slabo dimenzionirani.

5) Ne može se tvrditi da gubici električne energije moraju biti procentualno niski; naprotiv i visoki gubici mogu biti energetsko-tehnički opravdani, s obzirom na okolnosti koje su ranije ovdje iznesene. Isto tako vrijedi i obratno.

6) Nužno je pratiti i analizirati gubitke električne energije i utjecati na njihovo snižavanje tamo gdje nisu energetsko-tehnički opravdani, te tamo gdje odstupaju od minimalnih godišnjih troškova, i nisu u skladu s ekonomskim principima izgradnje elektroenergetskih mreža, što dolazi kao usavršavanje ekonomike eksploatacije postrojenja.

Svrha je ovog razmatranja s obzirom na naprijed navedeno, da se prikažu mjesta nastajanja gubitaka i način utvrđivanja gubitaka analitički i mjerenjima, s primjenom obračuna.

II MJESTO NASTAJANJA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Gubici električne energije pojavljuju se kao stalni o opterećenju neovisni (gubici praznog hoda), i kao promjenljivi ili o opterećenju ovisni gubici.

a) Stalni gubici praznog hoda, neovisni o opterećenju jesu:

1. gubici (praznog hoda) u željezu transformatora;
2. dielektrički gubici kabela i visokonaponskih kondenzatora;
3. odvodni gubici na izolatorskim lancima;
4. gubici korone;
5. gubici u naponskom svitku brojila;
6. gubici u željezu naponskih transformatora i priključenih aparata;
7. gubici u željezu strujnih transformatora;
8. gubici praznog hoda transformatora za zvonca, satova, tinjalica itd.

b) Promjenljivi gubici ovisni o opterećenju nastaju u:

1. vodovima visokog, srednjeg i niskog napona, te priključaka s glavnim usponim vodovima do brojila:
2. transformatorima snage;
3. strujnim transformatorima;
4. mjernim uređajima u strujnim svicima.

Pored navedenih gubitaka pojavljuju se kao obračunski gubici električne energije još i slijedeći:

1. neregistrirani potrošak električne energije;
2. netačnosti baždarenja u mjernim uređajima za mjerenje potroška električne energije, a u okviru dozvoljene tolerancije;
3. u raznim slučajevima kvarova na postrojenjima.

III ANALITIČKI PRORAČUN GUBITAKA

Gubici električne energije mogu se utvrđivati na dva načina i to računski orijentaciono, te mjerenjem električne energije na raznim pojnim točkama čemu bezuvjetno treba da bude prilagođen cjelokupni sistem očitanja i obračuna predane električne energije potrošačima. Međutim, i u posljednjem slučaju dolazi u obzir primjena računske metode kao orijentacione zbog procentralnih odnosa ostvarenih gubitaka dobivenih mjerenjima i prenesene električne energije, koji se od slučaja do slučaja razlikuju. Budući da sve te razlike imaju svoje objektivne razloge, o čemu je bilo riječi već u prvom dijelu ovog razmatranja, trebat će primijeniti metodologiju skraćenog postupka orijentacionog utvrđivanja gubitaka električne energije računskim putem. Točniji proračun dolazi u obzir tamo gdje se pojave izvjesne disproporcije i to uz obaveznu primjenu mjerenja. Jedna takova koncepcija skraćenog načina računskog postupka iznosi se u ovom dijelu ovog razmatranja.

a) Gubici neovisni o opterećenju (praznog hoda)

1. Gubici u željezu (praznog hoda) transformatora snage.

Općenito vrijedi izraz

$$W_{to} = \Sigma\ (t \cdot P_{to}) \qquad \text{kWh}$$

gdje je

t vrijeme trajanja pogona transformatora godišnje h

P_{to} gubici praznog hoda transformatora kW

Zbog raznolikosti primijenjenih tipova proizvodnje transformatora u praksi, gubici se mogu proračunati ili individualno promatranjem svakog pojedinog transformatora, a na temelju podataka kartona evidencije ili uzimanjem prosječnih vrijednosti gubitaka za normirane veličine transformatora. To se ne bi moglo uzeti kao značajna netočnost tim više, što se tokom

godišnjeg vremenskog perioda pogona izmjenjuju pojedine jedinice bilo zbog pojačanja kapaciteta, kvara, remonta ili zamjene.

U svakom slučaju proračun treba provesti po naponima i jakosti transformacije, s obzirom na normiranu snagu.

2. *Dielektrični gubici kabela i visokonaponskih kondenzatora*

Za kabele vrijedi izraz

$$W_k = t \cdot P_k \cdot l \text{ kWh}$$

gdje je

- t vrijeme trajanja pogona kabela u godini h
- l dužina kabela km
- P_k jedinični gubici u kabelu u jedinici vremena.

Ovi jedinični gubici ovisni su o tangensu gubitaka, struji nabijanja i naponu. Oni se dobivaju prema izrazu

$$P_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot 10^{-3} \text{ kW}$$

$$= \omega \cdot U^2 \cdot C_p \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot 10^{-9} \text{ kW}$$

Tu znači

- U linijski napon
- ω kružna frekvencija $= 2\pi f$
- $\operatorname{tg}\delta$ tangens kuta gubitaka
- C_p pogonski kapacitet μF/km (vidi tablicu)

Za pojedine u praksi primijenjene napone tangens kuta gubitaka iznosi

pojasni kabel	$\operatorname{tg}\delta \approx 0{,}015$;
troolovni i H-kabel	$\operatorname{tg}\delta \approx 0{,}01$;
uljni i tlačni kabeli	$\operatorname{tg}\delta \approx 0{,}005$.

Pogonski kapacitet C_p μF/km*

Presjek vodiča mm²	10 kV	30 kV
16	0,20 re	—
25	0,26 sm	—
35	0,29 ,,	0,21 rm
50	0,35 ,,	0,24 ,,
70	0,38 ,,	0,265 ,,
95	0,43 ,,	0,295 ,,
120	0,46 ,,	0,32 ,,
150	0,54 ,,	0,345 ,,
185	0,56 ,,	0,37 ,,
240	0,67 ,,	0.41 ,,
300	0,69 ,,	0,45 ,,

re — okrugli vodič, sm — sektorski vodič od užeta, rm — okrugli vodič od užeta.

Ovi su gubici zanemarivi u niskonaponskim kabelima.

3. *Odvodni gubici na izolatorskim lancima*

Iako se ovi gubici utvrđuju prema izrazu

$$W_i = \Sigma\,(t \cdot n \cdot U_f^2 \cdot {}^1/r_i \cdot l \cdot 10^{-3}) \text{ kWh}$$

gdje je

- t vrijeme trajanja vremenskih prilika u pogonu h
- n broj izolatora po km dužine voda
- U_f fazni napon V
- r_i izolacioni otpor po izolatoru
- l dužina voda km

ipak se može reći da su oni gotovo neznatni za mreže 10 kV, te se mogu zanemariti u odnosu na ostale gubitke. Za vodove 30 i 60 kV nema objavljenih podataka, te se stoga ne mogu uzeti u račun, premda se dade naslutiti da su i oni u proporcijama distributivnih mreža i poduzeća dosta niski, da bi im trebalo posvetiti naročitu pažnju.

4. *Gubici korone*

Pojavljuju se samo kod vodova visokih napona za kišnog vremena, tako da u okviru distributivnih mreža dolaze u obzir samo kod napona 60 kV, dok se kod 30 kV mogu potpuno zanemariti zbog svoje malene vrijednosti. Čak i oni kod 60 kV mogu se zanemariti ako je dužina takovih vodova u pogonu beznačajna.

Ako treba, računa se prema izrazu

$$W_c = t \cdot P_{co} \cdot l \text{ kWh}$$

gdje je

- t vrijeme trajanja kiša, guste magle i inja u godini h
- P_{co} gubici uslijed korone po km dužine voda ovisni o njegovom presjeku kW/km
- l dužina vodova km

5. *Gubici praznog hoda u naponskom svitku brojila*

Ovdje su gubici definirani vlastitim potroškom u naponskom krugu brojila, koji iznose za

jednofazna brojila		trofazna brojila	
»Iskra«-E 3	0,8 W	»Iskra«	2,85 W
SSW	0,8 W	SSW	1,6 W
AEG	0,6 W	AEG	1,2 W

6. *Gubici praznog hoda u naponskim transformatorima*

Iako se gubicima praznog hoda u naponskim transformatorima mogu smatrati samo takovi gubici, u principu oni mogu obuhvatiti i potrošak na njih priključenih aparata. Međutim i ovdje se često puta radi o dosta niskim relativnim gubicima.

Gubici praznog hoda se mogu uzeti kako slijedi:

Red napona	Jednofazno W	Trofazno W	Opaska
$10/\sqrt{3}$	12	36	za dojavu dozemnog spoja
$30/\sqrt{3}$	20	60	
10	18	36	trofazni dvovatmetarski spoj
30	30	60	

7. *Gubici u strujnim transformatorima*

Gubici koji se pojavljuju u strujnim transformatorima kao stalni, dosta su niski u odnosu na ostale, te iznose ispod 0,5 W po transformatoru.

* prema: Siemens, *Kabel und Leitungen für Starkstrom.*

8. Ostali stalni gubici

Pojavljuju se, na primjer, kod upotrebe električnih satova (2—3 W), kod upotrebe transformatora za zvonce (1 W), tinjalica sa 1,5 W itd. Ovdje treba uzeti u obzir onaj potrošak električne energije, koji se ne može obuhvatiti mjerenjima električne energije zbog osjetljivosti električnih brojila, koja za brojila proizvodnje »Iskra« iznose cca 0,35 % $\times$ I_n uz $\cos\varphi = 1$ za jednofazna, a cca 0,3 % $\cdot$ I_n za trofazna. Iz ovog proizlazi da za brojila nominalne opteretivosti 10 A granična vrijednost, s obzirom na njihovu osjetljivost, iznosi cca 7,7, odnosno 6,6 W.

b) Promjenljivi gubici ovisni o opterećenju

Usprkos relativnoj složenosti računskog toka utvrđivanja promjenljivih gubitaka električne energije, mogu se postaviti orijentacione veličine, koje su tim točnije, što je tok proračuna više detaljiziran po pojedinim tipovima postrojenja. Kako je već ranije o tom bilo riječi, skraćeni postupak proračuna može se prikazati kako slijedi:

1. Vodovi za prijenos u razdiobu električne energije

Osnovni izraz za procjenu gubitaka električne energije analitičkim putem glasi:

$$W_v = t \cdot \vartheta \cdot \frac{10^{-3}}{\gamma \cdot \cos^2 \varphi} \cdot \frac{l \cdot P^2}{U^2 \cdot q} \cdot f_d \quad \text{MWh}$$

gdje znači

t vrijeme godišnjeg pogona 8760 h
ϑ faktor gubitaka
γ vodljivost S/m
l dužina vodova km; uzima se samo dužina javne mreže bez javne rasvjete i kućnih priključaka
P ukupno maksimalno godišnje opterećenje na odvodima visokog, srednjeg ili niskog napona kW
U naponi vodova kV
q srednji presjek odvoda iz pojnih transformatorskih stanica mm²
f_d faktor dužine vodova.

Pojedini članovi prednje formule određuju se kako slijedi:

Faktor gubitaka $\vartheta = f(m)$ prema dijagramu Holmgreen-Rung; m je faktor opterećenja

$$m = \frac{W}{P_m \cdot t}$$

gdje je

W količina predane energije godišnje kWh
P_m vršno opterećenje kW.

Srednji presjek odvoda q iz pojnih transformatorskih stanica

$$q = \frac{q' \cdot n' + q'' \cdot n'' + q''' \cdot n''' + \cdots}{n' + n'' + n''' + \cdots\cdots}$$

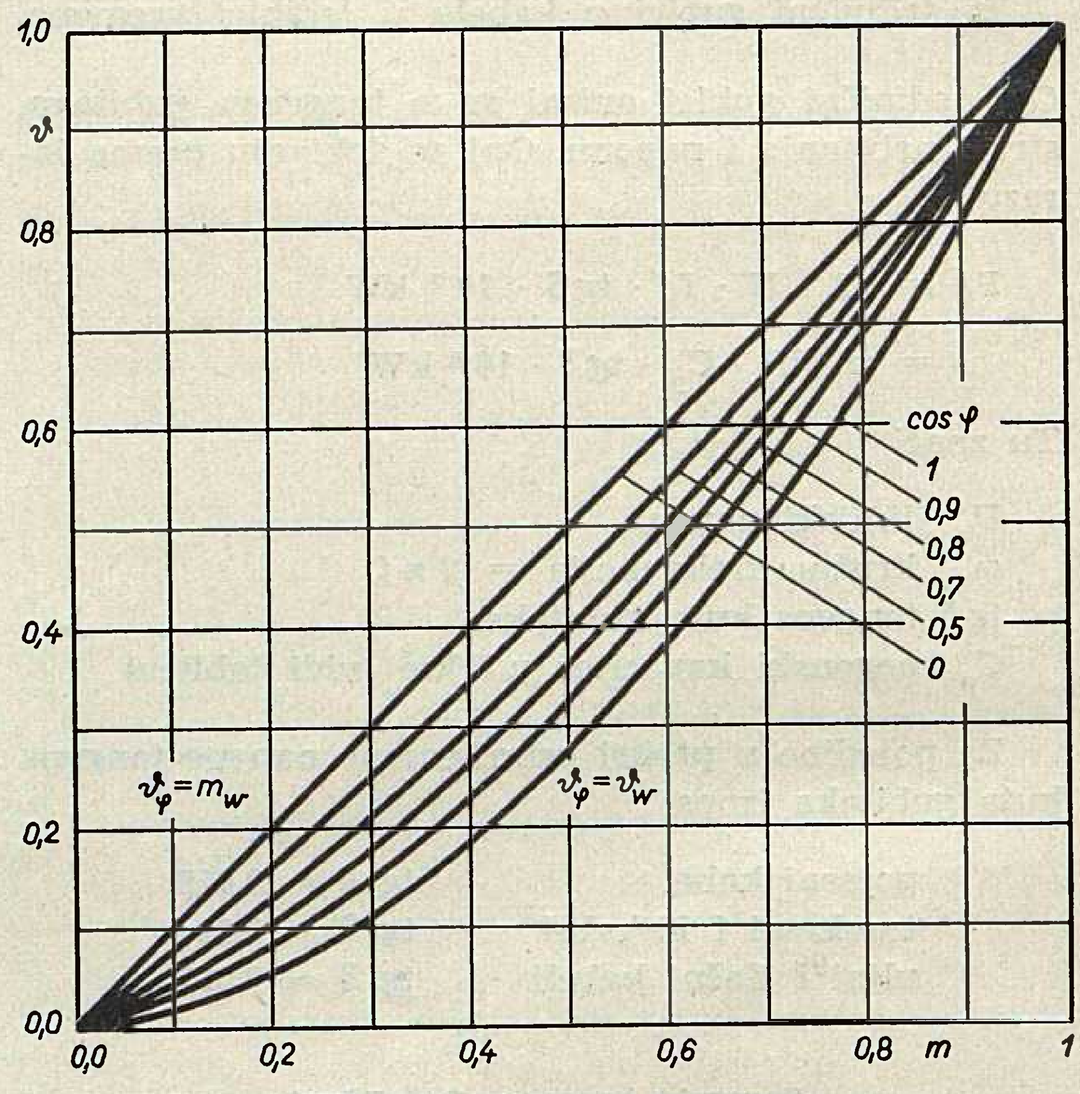
$$q = \frac{\Sigma (q^0 \cdot n^0)}{\Sigma n^0} \quad \text{mm}^2$$

gdje je n broj izvoda iz pojnih transformatorskih stanica s tim, da se kod vodova visokog napona računa sa stvarnim presjecima.

Faktor dužine vodova f_d ovisan je o primjeni koncentričnog opterećenja umjesto kontinuiranog. Može se pretpostaviti da iznosi približno

$f_d = 0{,}6$ za vodove niskog napona,
$f_d = 0{,}8$ za vodove srednjeg napona (2 — 20 kV),
$f_d = 0{,}8$ — 1 za vodove visokog napona.

Ovim se ujedno smanjuje utjecaj primjene raznih sistema (jednofaznog, dvofaznog i trofaznog) na niskom naponu, čije bi uzimanje u obzir bitno otežalo proračun bez upotrebe posebnih računskih strojeva.



Faktor gubitka ϑ prema Holmgreen-Rung
$\vartheta = \cos^2 \varphi \vartheta_w + \sin^2 \varphi \cdot m$

1.1. Vodovi visokog napona 20—50 kV

U upotrebi postoje različiti naponi i to 20, 27, 30, 35 i 50 kV, dok su vodovi izvedeni sa različitim presjecima. S obzirom na te okolnosti, kao i na to, što su transformatorske stanice v. n./s. n. priključene pojedinačno, potrebno je u principu obračun vršiti za svaki vod individualno. Ovakav način obračuna gubitaka električne energije ne izaziva nikakove veće poteškoće, jer su na izlaznim visokonaponskim mjestima ugrađeni mjerni uređaji za mjerenje snage i predane električne energije.

U ovom se slučaju gubici analitički utvrđuju na temelju izraza

$$W_v = \frac{10^{-3}}{\gamma \cdot \cos^2 \varphi \cdot U^2 \cdot q} \cdot P_m^2 \cdot l \cdot t \cdot \vartheta \quad \text{MWh}$$

Vršno opterećenje na mreži visokog napona pri tom iznosi

$$P_m = f_i (P_1 + P_2 + P_3 + \ldots) = f \Sigma P_o \quad \text{kW}$$

gdje je

f_i faktor istodobnosti; on iznosi 0,85—1 ovisno o broju transformatora priključenih na vod ili se uzima iz očitanja mjernih uređaja za snagu i faktor snage

$P_{1,2,3}$ vršno opterećenje pojedine transformatorske stanice v. n./s. n. kW

ϑ faktor gubitaka

1.2. Vodovi srednjeg napona 3—15 kV

U ovom su slučaju vodovi izvedeni također za razne pogonske napone i s vrlo raznolikim presjecima. Kod uspoređivanja vodova s bakrenim i alumunijskim vodičima, treba za određivanje srednjeg presjeka odvoda uzeti faktor koji se dobiva kao rezultat odnosa γ_{al}/γ_{cu}, a služi kao korekcioni faktor za aluminijske vodiče, zbog svođenja na zajednički faktor. Za kabelske i zračne vodove kod obračuna se ne pravi nikakova razlika, jer poseban obračun ne bi dao točnije rezultate, a bio bi daleko složeniji.

Kod postavljenog temeljnog oblika izraza za obračun, uzeti su u obzir samo čvrsti podaci o postrojenju, a uzeta je pretpostavka da se kod višenaponskog sistema, instalirane snage transformacije međusobno odnose kao i na tim postrojenjima nastala vršna opterećenja. Ovo vrijedi uz osnovnu postavku, da je dimenzioniranje kapaciteta propusnosti transformacije na području jednog poduzeća izvršeno uz iste okolnosti i po istom principu.

1.3. Vodovi niskog napona 0,4 kV

Niskonaponske mreže su sve, osim nekoliko iznimki, izvedene s pogonskim naponom 0,4 kV. Ovdje ujedno vrijede sva razmatranja iznesena u vezi osnovnog izraza.

2. Transformacije

Razmatranje obuhvaća dvije osnovne transformacije koje se pojavljuju u distributivnim mrežama u redu tronaponskog sistema.

2.1. Transformacija (20—50) / (3—15) kV

Ovdje vrijedi izraz

$$W_{t\,Cu} = t\,\vartheta \cdot \left(\frac{P_m}{P_{ti} \cdot \cos\varphi}\right)^2 \cdot (\Sigma P_{t\,Cu}) \cdot 10^{-3} \quad \text{MWh}$$

gdje je

ϑ faktor gubitaka za grupu transformacije ovisan o vršnom opterećenju P_m i količini transformirane električne energije

P_m maksimalno godišnje opterećenje kW na transformatorskim stanicama uvećano za faktor istodobnosti između transformatora koji iznosi 0,85 — 1

P_{ti} ukupno instalirana snaga transformacije

P_{tcu} jedinični gubici u bakru kW

Iz izraza

$$\left(\frac{P_m}{P_{ti} \cdot \cos\varphi}\right)^2$$

dobije se srednja vrijednost korekcionog faktora gubitaka ovisnih o opterećenju, s obzirom na realiziranu opteretivost transformacije. Naponi transformacije ne utječu bitno na promjenu gubitaka varijacija koje se pojavljuju.

2. 2. Transformacija (3—15) / 0,4 kV

Računa se po istom principu, kao i izrazu za transformaciju višeg stupnja. Maksimalno vrijeme gubitaka, odnosno faktor gubitaka procjenjuje se u ovisnosti o volumenu transformirane energije i maksimalnog godišnjeg opterećenja na samoj transformaciji.

2.3. Proračun opterećenja

Proračun opterećenja na pojedinim dijelovima postrojenja, utvrđuje se na temelju mjerenjima dobivenih veličina i primjene faktora istodobnosti, pri čemu izraz za proračun dobiva svoj konačni oblik kako slijedi:

$$P_{0,4} = \frac{P_{max}}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5} - \frac{P_{t\,30}}{f_3 \cdot f_4 \cdot f_5} - \frac{P_{t\,10}}{f_4 \cdot f_5} \quad \text{kW}$$

Ako se, međutim, distributivna mreža ne snabdijeva električnom energijom samo iz visokonaponske mreže, već i iz lokalne elektrane (na primjer na naponu 10 kV), izraz dobiva novi oblik

$$P_{0,4} = \frac{P_{max}}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5} - \frac{P_{p\,30}}{f_3 \cdot f_4 \cdot f_5} + \frac{P_{el \cdot 10}}{f_4 \cdot f_5} - \frac{P_{p\,10}}{f_4 \cdot f_5} \quad \text{kW}$$

gdje je

P_{max} vršno opterećenje područja kW

$P_{p\,30}$ vršno opterećenje potrošača direktno priključenih na mrežu visokog napona kW

$P_{p\,10}$ vršno opterećenje potrošača priključenih na mrežu srednjeg napona kW

$P_{el\,10}$ vršno opterećenje lokalnog izvora električne energije kW

$P_{0,4}$ vršno opterećenje niskonaponskih vodova kW

$f_{1,2,3}$ faktori istodobnosti

Faktori istodobnosti iznose

$f_1 = 0{,}9$ između vodova visokog napona

$f_2 = 0{,}9$—1 između transformatorskih stanica visokog napona

$f_3 = 0{,}8$ između srednjenaponskih vodova

$f_4 = 0{,}8$ između transformatora srednjeg napona priključenih po jednom vodu

$f_5 = 0{,}9$ između niskonaponskih vodova.

3. Gubici u strujnim transformatorima i mjernim uređajima

Strujni transformatori

Vrlo je teško utvrditi točne gubitke, jer su primijenjeni različiti tipovi i raznoliko upotrebljavani

mjerni aparati. Može se, međutim, pretpostaviti da su oni u prosjeku u skladu s predviđenim dozvoljenim teretom uz primjenu srednje opteretivosti od 0,75 I_n. Kod prihvaćanja takove proračunske vrijednosti koja se može i izmjeriti, gubici se kreću u rasponu od 0,015 — 0,03 kW, čemu odgovara prosjek od cca 0,02 kW po strujnom transformatoru.

Brojila

Gubici ovisni o teretu kod brojila prema podacima za proizvodnju »Iskra« iznose za jednofazne cca 0,4 W, a kod trofaznih cca 0,6 W, iz čega proizlazi da uz srednju opteretivost od 75 % I_n gubici ovisni o teretu po brojilu iznose cca 0,22 W za jednofazna, a 0,33 W za trofazna brojila.

4. Gubici u kućnim priključcima i glavnim vodovima

Gubitke u kućnim priključcima i glavnim vodovima treba promatrati posebno za priključke kabelske izvedbe s većom gustoćom opterećenja, zbog čega su u praksi redovito trofazne izvedbe s tim, da se primjenjuju u prosjeku dimenzije sa 6, 10, 16 i 25 mm². Prema podacima za kabele domaće proizvodnje, a primjenom praktičnog iskustva dobivamo slijedeće veličine:

Presjek mm²	Otpor Ω/km	P_m kW	I_d A	Gubici P W/m
6	2,947	25	60	12,08
10	1,791	35	80	15,60
16	1,1289	55	110	24,30
25	0,7192	70	135	25,10

Kod zračnih vodova primijenjeni presjeci niži su od onih kod kabelskih mreža, jer se radi o manjim objektima s jednim do četiri obiteljska stana, te u praksi dolaze u obzir dimenzije od 6, 10 i 16 mm². Odnosi, koji nastaju primjenom ovih presjeka, uglavnom jednofazne izvedbe jesu slijedeći:

Presjek mm²	Otpor Ω/km	P_m kW	I_d A	Gubici P W/m
6	2,947	3	50	0,557
10	1,771	6	60	1,416
16	1,1116	10	80	2,326

U glavnim vodovima razlikuju se opet oni koji se napajaju iz kabelske mreže i oni koji su priključeni na zračnu mrežu, te dolazi u obzir primjena presjeka 4, 6, 10, 16 i 25 mm², od čega su jedni jednofazne, a drugi trofazne izvedbe.

Odnosi u ovom slučaju za trofaznu izvedbu kabelske mreže jesu slijedeći:

Presjek mm²	Otpor Ω/km	P_m kW	I_d A	Gubici P W/m
4	4,426	9	27	2,13
6	2,947	12	35	2,79
10	1,774	20	48	5,05
16	1,1116	30	65	6,96
25	0,7192	40	88	8,21

Gubici za jednofazne vodove:

Presjek mm²	Otpor Ω/km	P_m kW	I_d A	Gubici P W/m
4	4,426	2	27	0,105
6	2,947	3	35	0,174
10	1,774	6	48	0,455
16	1,1116	10	65	0,773

Vršno opterećenje je specifično za svako pojedino područje, a ovisi uglavnom o stepenu elektrificiranosti. Ti su odnosi, međutim, često puta definirani prema upotrebi osnovne dimenzije presjeka kućnog priključka ili glavnog voda, i to samo zbog financijskih razloga. Prosječne ostvarene dužine priključaka su isto tako specifične, što ovisi o tome da li je niskonaponska mreža postavljena sa svake strane ulice ili samo s jedne strane, na što utječu razni razlozi.

Maksimalno upotrebno vrijeme određeno je odnosom godišnje potrošnje električne energije, te godišnjeg vršnog opterećenja i trajanja korištenja potrošnje, uslijed čega se faktor gubitaka kreće u granicama od 0,09 do 0,12, odnosno maksimalno vrijeme gubitaka od 700 sati do 1000 sati godišnje. Donja granica je bliža prosječnom ostvarenju, dok je gornja ostvariva samo u slučaju maksimalno ostvarenog ujednačenja godišnje potrošnje.

c) Ostali gubici

Gubici koji se pojavljuju izvan ovisnosti o opterećenju ili utvrdive neovisnosti zbog toga, što se javljaju redovito i u praznom hodu, ne mogu se proračunati, već samo pretpostaviti. Praksa je pokazala njihovo postojanje, međutim, ako se analiziraju kao pojedinačne pojave, može se kazati slijedeće:

1) Neregistrirani potrošak električne energije redovito se pojavljuje u ograničenim količinama, što ovisi o načinu primjene obračuna onoga što se utvrdi, kao i nastojanjima da se takove pojave otklone.

2) Utjecaj dozvoljene tolerancije kod baždarenja mjernih uređaja (brojila) može biti povoljan ili nepovoljan, kako za isporučioca, tako i za korisnika električne energije, no kako se ne može utvrditi, to se samo može pretpostaviti, da u slučaju povišenih, odnosno sniženih gubitaka električne energije postoji i takav utjecaj.

3) Razni pogonski događaji mogu dovesti do povećavanja gubitaka električne energije. Međutim, i u ovom slučaju analiza treba ukazati na njihovo postojanje u većem obujmu, što se ipak ne bi smjelo pojaviti.

d) Ukupni gubici električne energije

Ukupni gubici električne energije, kao što je naprijed i izneseno, iznose

$$W_g = W_{st} + W_{pr} + W_d \text{ MWh}$$

gdje je

W_{st} stalni gubici praznog hoda
W_{pr} promjenljivi gubici
W_d dodatni gubici.

Treći član može se praktički zanemariti u odnosu na prva dva, tako da se kao orijentaciona analitička vrijednost gubitaka električne energije može uzeti

$$W_g = W_{st} + W_{pr} \quad \text{MWh}$$

odn. procentualno

$$\frac{100\, W_g}{W} \quad \%$$

IV ANALIZA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE MJERENJIMA

Iako se masa gubitaka električne energije općenito utvrđuje kao razlika nabavljene i predane električne energije potrošačima u godišnjem obračunskom periodu, ipak je vrlo važno da se uz praćenje tokova kretanja električne energije mjerenjima ustanovi i količina samih gubitaka na pojedinim dijelovima postrojenja. Značaj postupka dobiva potpuno objašnjenje kada se uzme u obzir financijski učin s obzirom na ekonomiku poslovanja poduzeća.

Uzimajući u obzir konfiguraciju elektroenergetskih mreža korisno je, da se sistem mjerenja prilagodi radijalnim cjelovitim formama mreže, čemu je isto tako povoljno prilagoditi cjelokupnu službu očitanja brojila. Na taj se način formiraju manja područja, koja se mogu lakše analizirati, a po mogućnosti i dalje raščlaniti proširivanjem sistema mjerenja s visokonaponskog sistema na onaj srednjenaponski.

Širu upotrebu mjerenja električne energije svrsishodno je sprovoditi onoliko, koliko se s njom može uskladiti sistem očitavanja brojila. Pri tomu se ponekad mogu izolirati i pojedina područja napajana iz jedne 10/0,4 kV transformatorske stanice, ako je to ekonomski opravdano. Ovakovom načinu rada vrijedno je pridodati praćenje dnevnih dijagrama opterećenja, kao i količina predane električne energije po pojnim transformatorskim stanicama reda napona 30/10 kV, to jest v. n./s. n., koje su prve čvorne raskrsnice u razvođenju električne energije.

Ovo samo po sebi dopunjuje ranije iznesenu analitičku metodu približnog orijentacionog proračuna čineći je točnijim, a samim tim i prihvatljivijim. Uporedbeni postupak analiziranja gubitaka električne energije analitički i mjerenjima pruža mogućnost da se utvrdi, koji su gubici tehnički a koji ekonomski opravdani. Na temelju tako dobivenih rezultata postoji mogućnost realnijeg usmjerivanja investicione politike s obzirom na ekonomske razloge.

Postavljanjem gubitaka električne energije na ekonomsku bazu, uz primjenu pravila minimalnih godišnjih troškova u okviru kojih se ostvaruje ravnoteža između investicionih troškova i troškova uzdržavanja s jedne strane i gubitaka električne energije s druge strane, ostvaruje se jedan od osnovnih uvjeta optimalnog rada distributivnih mreža.

U istom smislu može se djelovati odgovarajućom politikom etapne investicione izgradnje mreže, ovisno o razvoju konzuma, tako da se postepeno rasterećuje preopterećeni dijelovi mreže, a jače opterećuju njeni premalo opterećeni dijelovi.

V PRIMJER PRORAČUNA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

a) Područje Zagreb, obračunska godina 1960.

Planski pokazatelji uzeti su prema ostvarenju, a 1960. godina odabrana je, jer u toj godini utjecaj paušalnog oblika tarife najslabiji.

Osnovne veličine su bile slijedeće:

$$P_m = 79.500 \text{ kW} \quad \cos\varphi \approx 0{,}9$$

Nabavljena električna energija	403,400.000 kWh
Predana el. energija potrošačima na 30 kV	29,000.000 kWh
Predana el. energija potrošačima na 10 (5) kV	105,000.000 kWh
Predana el. energija potrošačima iz TS 10/0,4 kV	6,782.300 kWh
Predana snaga potrošačima na 30 kV	6.000 kW
Predana snaga potrošačima na 10 (5) kV	30.000 kW

Proračun je proveden na temelju pokazatelja stanja postrojenja na dan 31. XII 1959, uslijed čega je sasvim normalno da postoje izvjesna odstupanja rezultata dobivenih proračunom u odnosu na one dobivene mjerenjima.

b) Proračun gubitaka

1. Vodovi 30 kV

Srednje upotrebno vrijeme maksimalnog opterećenja	4600 h
Srednje vrijeme maksimalnih gubitaka	3065 h
Gubici ovisni o opterećenju	9.520,00 MWh
Dielektrički gubici kabela	256,80 MWh
Gubici praznog hoda transformatora	15,30 MWh
Ukupno	9.792,10 MWh
Procenat gubitaka vodova 30 kV	2,43 %
Električna energija predana transformaciji 30/10/5/kV	393.607,90 MWh
Od prednjeg, energija predana direktnim potrošačima	29.000,00 MWh
Preostalo za transformaciju na napon reda 10 kV	364.607,90 MWh

2. Transformacije 30/10(5) kV

Srednje upotrebno vrijeme maks. opterećenja	4020 h
Srednje vrijeme maksimalnih gubitaka	2540 h
Gubici praznog hoda	2.637,70 MWh
Gubici ovisni o opterećenju	1.087,00 MWh
Ukupno	3.724,70 MWh
Procenat gubitaka transformacije 30/10 (5) kV	1,02 %
Električna energija predana u mrežu 10 (5) kV	360.883,20 MWh

3. Vodovi 10 (5) kV

Srednje upotrebno vrijeme maks. opterećenja	3180 h
Srednje vrijeme maksimalnih gubitaka	1750 h
Gubici u vodovima 10 kV ovisni o opterećenju	3.560,00 MWh
Gubici u vodovima 5 kV ovisni o opterećenju	6.050,00 MWh
Ukupno	9.610,00 MWh

Dielektrički gubici kabela 10 kV	37,00 MWh
Dielektrički gubici kabela 5 kV	86,80 MWh
Ukupno	123,80 MWh
Gubici praznog hoda u naponskim transformatorima	24,60 MWk
Ukupni gubici vodova 10 (5) kV	9.758,40 MWh
Procenat gubitaka u vodovima 10 (5) kV	2,71 %
Predana el. energija direktnim potrošačima	105.000,00 MWh
Predana el. energija transformaciji 10 (5)/0,4 kV	246.125,80 MWh

4. Transformacija 10(5)/0,4 kV

Srednje upotrebno vrijeme maksimalnog opterećenja	2.370 h
Srednje vrijeme maksimalnih gubitaka	1.140 h
Gubici praznog hoda	8.336,10 MWh
Gubici ovisni o opterećenju	1.556,00 MWh
Ukupno	9.892,10 MWh
Procenat gubitaka transformacije 10 (5)/0,4 kV	4,02 %
Predana energija neposrednim potrošačima	6.782,30 MWh
Predana energija u niskonaponsku mrežu	229.451,40 MWh

5. Postrojenja niskog napona

Srednje upotrebno vrijeme maksimalnog opterećenja	1.995 h
Srednje vrijeme maksimalnih gubitaka	880 h
Gubici u niskonap. vodovima ovisni o opterećenju	11.290,00 MWh
Gubici u kućnim priključcima ovisni o opterećenju	
kabelski priključci	2.455,00 MWh
zračni priključci	1.026,00 MWh
Ukupno	3.481,00 MWh
Gubici u glavnim vodovima ovisni o opterećenju	
glavni vodovi kabelskih priključaka	702,00 MWh
glavni vodovi zračnih priključaka	25,80 MWh
Ukupno	727,80 MWh
Gubici praznog hoda strujnih transformatora	3,40 MWh
Gubici praznog hoda u brojilima	
jednofazna brojila	900,00 MWh
trofazna brojila	439,00 MWh
Ukupno	1.339,00 MWh
Gubici u brojilima ovisni o opterećenju	
jednofazna brojila	44,80 MWh
trofazna brojila	27,90 MWh
Ukupno	72,70 MWh
Gubici uslijed signalizacije	40,00 MWh
Ostali gubici (satovi, releji i dr.)	25,00 MWh
Ukupno gubici niskog napona	16.978,90 MWh
Procenat gubitaka u niskonaponskim postrojenjima	7,40 %

U 1960. mjerenjima obračunani gubici iznosili su 50.873,59 MWh, tako da se pojavljuje razlika od 727,37 MWh u odnosu na izračunane.

Analizirajući prethodni proračun gubitaka mogu se izvući slijedeći zaključci:

1) Analiza se može proširiti primjenom sistema mjerenja po pojedinim manjim izoliranim područjima, te time dobiti još točniji orijentacioni podaci i odnosi.

2) Ostvareni gubici mogu se u odnosu na nabavu, stepenovati po postrojenjima.

	Stalni gubici	O teretu ovisni gubici	Dodatni gubici	Ukupno %
Postrojenja 30 kV	0,067	2,363	—	2,430
TS 30/10 (5) kV	0,651	0,269	—	0,920
Postrojenja 10 (5) kV	0,037	2,383	—	2,420
TS 10 (5)/0,4 kV	2,064	0,386	—	2,450
Postrojenja 0,4 kV	0,349	3,871	—	4,220
Ostali dodatni gubici	—	—	0,180	0,180
Ukupno	3,168	9,272	0,180	12,620

Iz ovog pregleda se vidi da su najveći gubici bili gubici ovisni o teretu, i to na vodovima i ostalim uređajima, te gubici neovisni o teretu kod transformacije.

Iako su postojali paušalni potrošači kojima se mogu pripisati ostali dodatni gubici, ipak se može pretpostaviti da su, uz minimalnu toleranciju, ti dodatni gubici bili i nešto viši.

3) Mogućnost utjecaja poduzeća na smanjivanje gubitaka može se ostvariti na slijedeće načine:

a) likvidiranjem posljednjih slučajeva paušalne potrošnje i obračuna;

b) prijelazom s pogonskog napona 5 kV na 10 kV, pri čemu bi ranije izračunani gubici od 6.505,00 MWh bili svedeni na jednu četvrtinu, što znači sniziti troškove za cca 45 milijuna dinara godišnje uz cijenu izgubljenog kWh od 10,034 Din/kWh, koliko je ona iznosila u 1961;

c) prilagođavanjem razmještaja transformatorskih jedinica prema zahtjevu konzuma uz održavanje iskorištenja za 70—80 % nominalne opteretivosti;

d) oblikovanjem i dimenzioniranjem vodova ovisno o minimalnim godišnjim troškovima;

e) kompenzacijom jalove snage.

VI ZAKLJUČAK

Prema naprijed navedenom mogu se izvesti slijedeći zaključci:

1) Gubici električne energije mogu se analizirati bilo analitički bilo mjerenjima, te se preporuča da se gubici računaju analitički pored mjerenja tokova električne energije na što široj osnovi, sa svrhom proučavanja tehničko-energetske, odnosno ekonomske opravdanosti.

2) Visina gubitaka ovisna je o strukturi konzuma, načinu izvedbe mreža, te ekonomičnosti dimenzioni-

ranja postrojenja. U tom smislu postoji mogućnost da se gubici kreću u razmjerima i do preko 20 %, ako se radi o seoskoj nedovoljno razvijenoj elektrifikaciji u kojoj su gubici praznog hoda transformacije vrlo veliki zbog predimenzioniranosti kapaciteta i neznatne potrošnje. Isto tako gubici mogu biti relativno niski, ako postoji jaka predaja električne energije direktnim potrošačima na postrojenjima 30 kV, odnosno 10 kV.

3) Bitno se može utjecati na gubitke električne energije na slijedeće načine:

a) likvidiranjem paušalnog načina obračuna;

b) prilagođavanjem transformacije u pogonu potrebama konzuma s obzirom na opterećenje;

c) dimenzioniranjem i izgradnjom postrojenja prema ekonomskom naponu radi ostvarivanja minimalnih godišnjih troškova;

d) dimenzioniranjem vodova primjenom ekonomskih gustoća struje i optimalnog broja transformatorskih stanica i minimalnih godišnjih troškova;

e) oblikovanjem mreža sa što ravnomjernijom raspodjelom opterećenja;

f) poboljšavanjem faktora snage cos φ.

4) Naročiti značaj i vrijednost razmatranja i analiziranja gubitaka električne energije jest u tome, što se oni mogu financijski odraziti na snižavanju godišnjih troškova, a time i na ekonomičnosti izgradnje i eksploatacije mreže.

Literatura

Zebisch, *Netzverluste,* Verlag Technik Berlin 1959.
ZEPH, *Poslovni izvještaj 1957—1961.*
»Elektra«, Zagreb, *Poslovni izvještaj, 1960.*
Siemens, *Kabel und Leitungen für Starkstrom.*

Naslov pisca: Ing. Boris Tilić, »Elektra« Zagreb, Gundulićeva 32

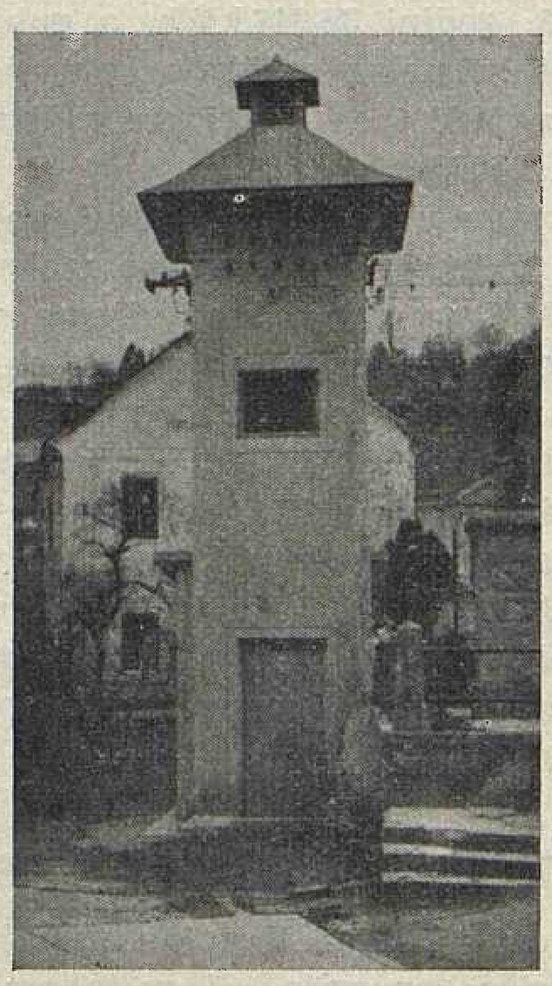
ELEKTRIFIKACIJA KOTARA KRAPINA

Miroslav Balling, Zagreb

Poredba današnjeg stanja s osnovnim rješenjem izrađenim u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu prije 5 godina pokazuje da nema znatnog odstupanja od prognoze i da ne treba mijenjati osnovnu koncepciju. Predložene pojne točke 30/10 kV izgrađene su i nalaze se u pogonu s pripadnim vodovima 30 kV, a stanica 110/30 kV nalazi se u osnivanju. Najavljena znatna proširenja industrije u energetskom području današnje TS 30/10 kV u Zaboku tražit će, međutim, izmjene i nove pojne točke 30/10 kV u Bedekovčini i u Donjoj Stubici. Rekapitulirane su osnovne ideje rješenja mreže kotara Krapina.

DK 621.311.1

Prošlo je pet godina otkako je u Institutu za elektroprivredu izrađeno osnovno rješenje elektrifikacije kotara Krapina [1]. To je rok kada je potrebno usporediti pretpostavke učinjene u rješenju sa stvarnim stanjem razvoja mreže i konzuma. Usporedba pokazuje, da se je razvoj distributivne mreže odvijao držeći se osnovnog rješenja: predložene nove pojne točke 30/10 kV u Krapini, Konjščini i Klanjcu izgrađene su i nalaze se u pogonu s pripadnim vodovima 30 kV. Pojna točka distributivne mreže tj. stanica 110/30 kV u Zaboku nalazi se u osnivanju.



Sl. 1. Transformatorska stanica 10/0,4 kV u Krapini (XI. 1956)

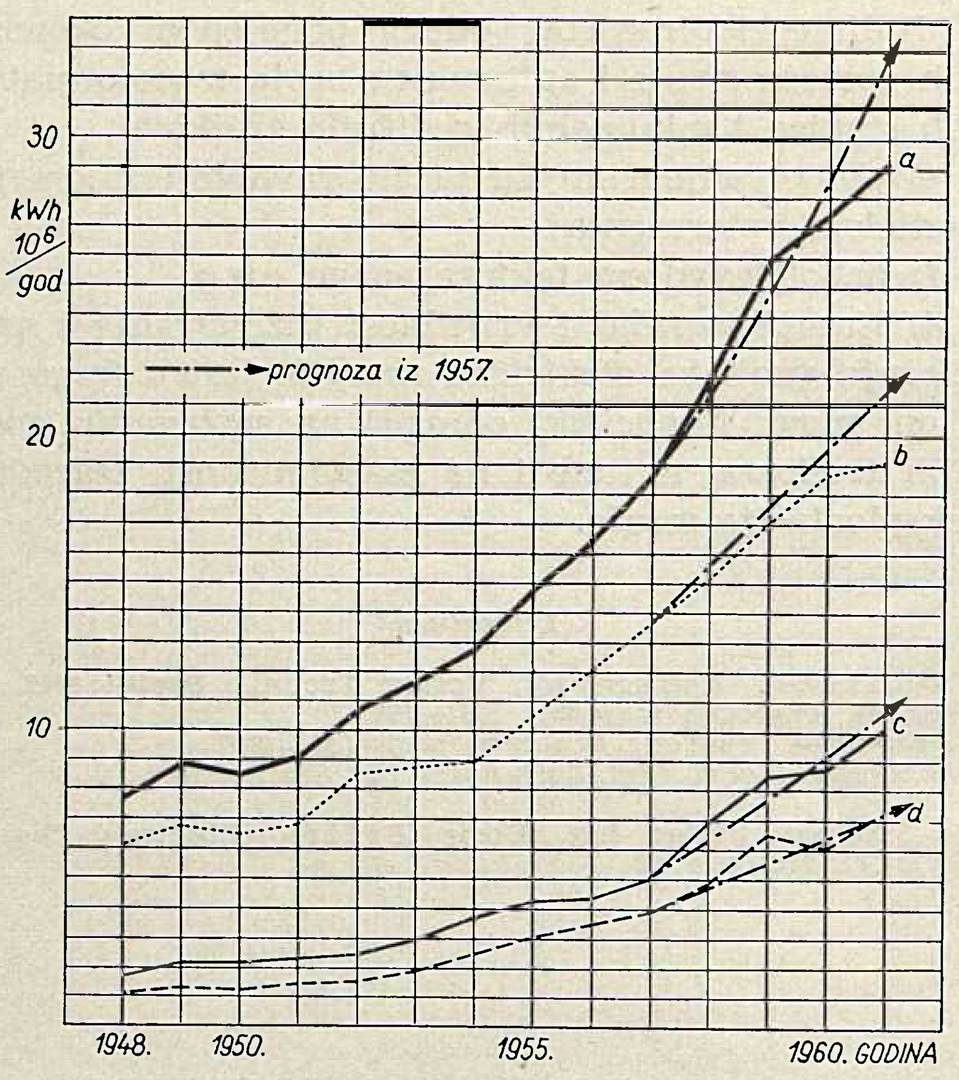
Razvoj konzuma pokazuje neznatna odstupanja od prognoze iz osnovnog rješenja (10 % u 1961.). Prema tome ne bi bilo razloga da se u osnovnoj koncepciji razvoja mreže i konzuma učinjenoj u 1957. nešto mijenja. Međutim u zadnje su vrijeme najavljena znatna proširenja kao i novi industrijski kapaciteti u energetskom području sadašnje TS 30/10 kV u Zaboku, što je ponukalo, da se za nove zahtjeve za energijom pripreme, barem idejno, i novi kapaciteti distribucije. U osnovi to su pojne točke 30/10 kV u Bedekovčini i u Donjoj Stubici.

SADAŠNJE STANJE

Područje na koje se odnose daljnja razmatranja obuhvaća čitavo područje kotara Krapina, a djelomično i područje kotara Varaždin. To je onaj dio Hrvatskog Zagorja, koji se nalazi u kotlini između Ivančice, Medvednice i hrvatskoslovenske granice.

Domet elektroenergetskih pojnih točaka, koje se nalaze u tom području, poklapa se u glavnim crtama s administrativnim granicama kotara, osim djelomičnog prelaženja na područje kotara Varaždin.

Prema statističkim podacima [2] na području kotara, koje obuhvaća površinu od 1.270 km², živi cca



Sl. 2. Razvoj potrošnje električne energije na području kotara Krapina u periodu 1948–1961.
a ukupna potrošnja električne energije; *b* potrošnja u industriji; *c* široka potrošnja; *d* potrošnja u kućanstvima

180.000 stanovnika u 40.000 kućanstava. Znači da gustoća naseljenosti iznosi 143 stanovnika po km², a prosječni broj članova kućanstava 4,5 stanovnika po kućanstvu. Obje zadnje brojke pokazuju, da je područje gusto naseljeno (jugoslavenski prosjek: 71 st/km²) i da je broj članova kućanstava relativno velik. Treba međutim napomenuti da popis stanovnika iz godine 1953. i onaj iz 1961. pokazuju tendenciju sniženja broja stanovništva kao i broja stanovnika po kućanstvu.

Pretežni dio stanovništva živi od poljoprivrede (cca 65 %), zatim od industrije i rudarstva (cca 15 %) i od ostalih djelatnosti (20 %).

Dosadašnji razvoj elektrifikacije

Razvoj potrošnje električne energije na području Hrvatskog Zagorja prikazan je na dijagramu sl. 2. Ovaj razvoj potrošnje električne energije potpunije ilustrira tablica 1 gdje je taj razvoj uspoređen s razvojem potrošnje električne energije na cijelom području Hrvatske i to po strukturi potrošnje.

Iz dijagrama na sl. 2 i tablice 1 dade se zaključiti slijedeće:

a) osnovni potrošač električne energije u Hrvat. Zagorju je industrija (68 %).

b) porast potrošnje električne energije na području Hrv. Zagorja u periodu 1948 — 1960. ukupni i po kategoriji potrošača, približno je jednak onom, koji vrijedi za područje Hrvatske.

c) elektrifikacija domaćinstava, tj. broj elektrificiranih kućanstava pokazuje velik porast (11,5 % / g.) u usporedbi s prosjekom za Hrvatsku (4,9 %).

d) porast specifične potrošnje električne energije u domaćinstvu vrlo je malen (3,5 % / god) u odnosu na Hrvatsku (9,9 % / god.)

Razvoj potrošnje električne energije u periodu 1948–1960. na području kotara Krapina uspoređen s razvojem na području Hrvatske [3]

Tablica 1

Potrošači		Potrošnja 1948.	Potrošnja 1960.	God. (prosječni) eksponencijalni priprirast u % (1948—1960) Kot. Krapina	Hrvatska
Potrošnja u domać.	MWh	1079	6028	15,5	17,7
Široka potrošnja	MWh	1615	8780	15,1	14,4
Industrija	MWh	6088	18623	9,7	9,2
Ukupna potrošnja	MWh	7703	27403	11,2	10,2
Broj elektrif. domać.		8400	30900	11,5	6,9
Specifič. potroš. u domaćinstvu	kWh/g.	129	195	3,5	9,9

e) apsolutni iznos specifične potrošnje električne energije u domaćinstvu (195 kWh/god u 1960.) vrlo je malen u odnosu na prosjek Hrvatske (570 kWh/god u 1960).

Posebno se osvrnuvši na zaključak u tč. e) treba istaći da standard potrošnje električne energije u domaćinstvima spada među najniže na području Hrvatske o čemu svjedoči tablica 2 gdje su uspoređeni podaci iz 1960. onih područja koja nemaju velikih i većih gradova.

Specifična potrošnja električne energije u domaćinstvu nekih područja Hrvatske u 1960. [3]

Tablica 2

Područje	Specifična potrošnja električne energije u domaćinstvu kWh/dom. god.
1. Elektra, Križ	179
2. Elektra, Koprivnica	190
3. Elektra, Zabok	195
4. Elektrolika, Gospić	234
5. Elektra, Bjelovar	250
6. Elektroprimorje, PU Skrad	290
7. Elektroslavonija, OU Vinkovci	450
8. Elektra, Buje	775
Područje Hrvatske	570

Prema podacima distributivnog poduzeća »Elektra«, Zabok količina predane energije u mrežu iznosila je u 1961. godini 35.947 kWh, a gubici 6.743 MWh ili 18,7 %. Maksimalno godišnje opterećenje područja iznosilo je u 1961. cca 8 MW uz godišnje upotrebno vrijeme od 4 500 h.

Gubici snage iznosili su u istoj godini 2,20 MW tako da je potrošačima predana maksimalna snaga od cca 5,8 MW uz upotrebno vrijeme od 5000 h/god.

Na dijagrame razvoja potrošnje električne energije (sl. 2) u periodu od 1948. do 1961. nanesene su i prognoze izrađene u 1957 [1]. — Usporedba pokazuje da bitnih odstupanja u konzumu široke potrošnje nema. Niti odstupanje koje pokazuje konzum industrije (10 % u 1961), ne treba smatrati bitnim, jer će puštanje u pogon novih industrijskih kapaciteta u 1962 (»Orotex« itd.) prouzročiti strmi skok prema prognoziranim vrijednostima.

Privredni i distributivni kapaciteti

Na području kotara Krapina postojali su lokalni izvori električne energije, ali su tokom vremena likvidirani, jer su bili zastarjeli i neekonomični. U po-

slijeratnom periodu izgrađena je u Jertovcu termoelektrana (puštena u pogon 1954) s 3 agregata ukupne snage 40 MW, čija godišnja proizvodnja iznosi u prosjeku 160.000 MWh. Ova elektrana, po načinu svoga priključka na elektroprivrednu mrežu (10/110 kV), ne utječe direktno na dobavu električne energije kotaru Krapina. Zato se ova elektrana ne može smatrati proizvodnim kapacitetom elektroprivredne mreže kotara, premda se nalazi na njegovom teritoriju.

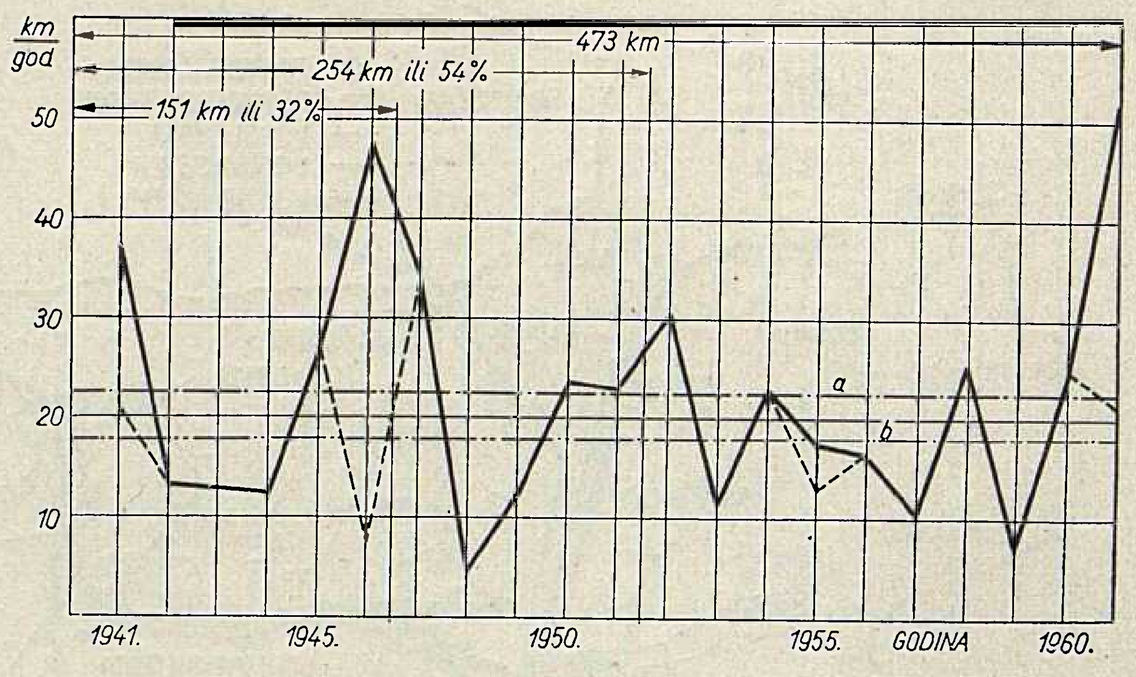
Na području kotara izgrađen je vod 110 kV, koji veže TS 110/30 kV u Rakitju s termoelektranom u Jertovcu, i preko Jertovca s TS 110/30 kV u Nedeljancu i Resniku. Danas ovaj vod 110 kV nema direktnog značenja za područje kotara Krapina.

Distributivna mreža radi s pogonskim naponima 35, 30, 20 i 10 kV, a niskonaponske mreže s naponom 380/220 V. Različitost visokih napona potječe otuda, što se distributivna mreža napaja jednim dijelom iz mreže LR Slovenije. Mreža 30, 20 i 10 kV izgrađuje se od 1941. Vodiči na vodovima svih su mogućih presjeka i iz raznih materijala (Cu, Al i Fe), dok su gotovo svi stupovi na vodovima drveni (impregnirani jelovi, kestenovi i hrastovi), osim na novim vodovima 30 kV.

Na 5 % vodova 10 kV materijal vodiča je željezo (Fe 50). Na 5 % vodova materijal je Alče 50 ili ekvivalent (Cu 35 mm²), na 32 % vodova Alče 35 ili ekvivalent (Cu 25 mm²). Vodiči ostalih vodova (58 %) izvedeni su od Alče 25 mm² ili ekvivalenta (Cu 16 mm²). Vidi se da prevladava Alče 25 mm² (ili Cu 16 mm²), što će činiti poteškoću u perspektivnoj izgradnji mreže.

Ukupna dužina visokonaponske distributivne mreže iznosi cca 473 km od čega na vodove 35 (30) kV otpada 97 km. Tok izgradnje visokonaponske mreže (sl. 3) pokazuje da izgradnja mreže u toku godina oscilira oko prosjeka od 22,5 km godišnje (mreža 10 kV oko prosjeka od 18 km/god). Ujedno se vidi da je 54 % mreže (254 km) starije od 10 godina, dok je 32 % mreže (151 km) starije od 15 godina. S obzirom na materijal stupova to znači da je znatan dio mreže dotrajao i stalna rekonstrukcija i zamjena stupova jedan je od problema distributivnog poduzeća. Ukupna dužina niskonaponske mreže iznosi cca 1400 km. Ovu mrežu napaja oko 200 stanica 10/0,4 kV od čega 150 stanica napaja seoske i gradske mreže sa širokom potrošnjom.

U godini 1961. iznosili su troškovi uzdržavanja gore opisane mreže (30, 10 i 0,4 kV), iz svih naslova (investicino uzdržavanje, amortizacioni fond, tekuće uzdržavanje) cca 160,000.000 dinara. Na mrežu potrošača široke potrošnje (domaćinstva i ostali) otpada najveći dio utrošene svote za uzdržavanje (cca 120 milijuna dinara), jer su industrijski potrošači koncentrirani i u pogledu lokacije i u pogledu konzuma. Ako se to uzme u obzir i prednja svota usporedi s količinom energije predane potrošačima široke potrošnje (cca 10 milijuna kWh u 1961) slijedi, da je za svaki kWh energije predane potrošačima široke potrošnje utrošeno za uzdržavanje mreže 12 Din godišnje. Ovakav rezultat upućuje na zaključak, *da treba potrošače široke potrošnje stimulirati svim sredstvima na veću*



Sl. 3. Tok izgradnje visokonaponske mreže (30, 20 i 10 kV) na području kotara Krapina
a prosjek izgrađene mreže; *b* prosjek izgrađene mreže 10 kV

potrošnju električne energije, da bi se pojačala eksploatacija postojećih kapaciteta, jer sredstva potrebna za uzdržavanje mreže u vrlo maloj mjeri ovise o količinama energije, koje ta mreža raspodjeljuje.

Mreža 30 kV kao i simbolički prikaz mreže 10 kV dan je na sl. 4. Normalna dobava električne energije odvija se preko voda 30 kV : TS 110/30 kV Rakitje — TS 30/10 kV Pojatno — TS Zabok — TS Zlatar — TS Konjščina. Nastavak ovog voda do TE Jertovec ima svrhu da termoelektrani daje potrebnu količinu energije pri puštanju u pogon, odnosno, kada vlastiti agregati nisu u pogonu.

U zadnje vrijeme izgrađeni su vodovi 30 kV od Zaboka do Tuhelja i od Zaboka do Krapine, kao i transformatorske stanice u Tuhelju i Krapini.

Pojna točka distributivne mreže bit će u najbližoj budućnosti TS 110/30 kV Zabok (investicioni program je odobren). Ova stanica nalazit će se na otcjepu voda 110 kV Rakitje — Konjščina.

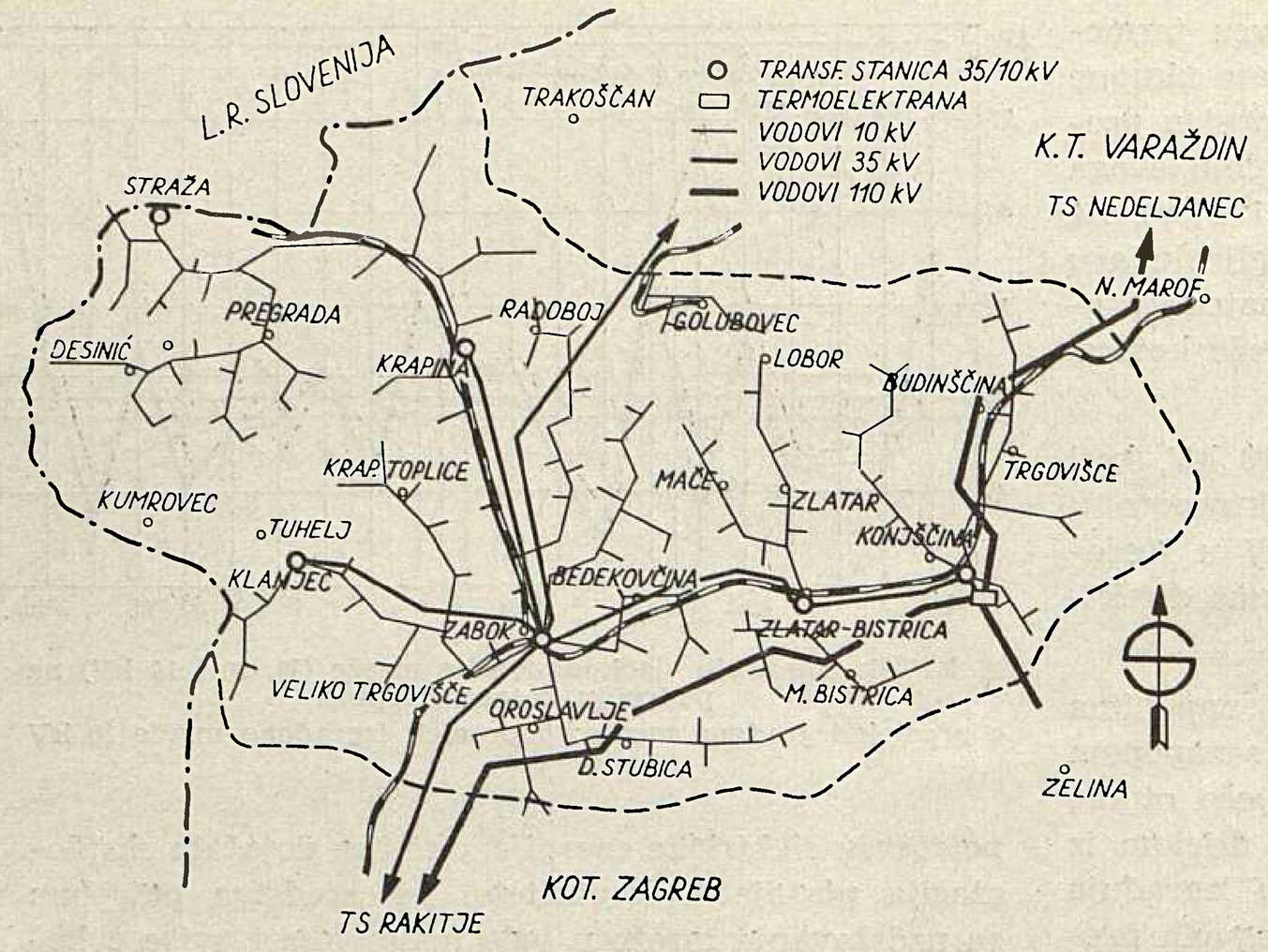
PERSPEKTIVNI RAZVOJ KONZUMA

Pretpostavljena je 100 %-tna elektrifikacija područja Hrvatskog Zagorja kao i daljnji porast potrošnje u industriji i domaćinstvima. U tom smislu procijenjen je konzum za period idućih 25 godina, tj. za period 1962 — 1987. Kao opća podloga za gornje predpostavke služi tvrdnja, da će se tokom idućih 25 godina životni standard stanovništva nedvojbeno poboljšati i da će industrijska proizvodnja porasti bilo izgradnjom novih objekata, bilo modernizacijom starih.

Uzimajući to u obzir, budući je konzum procijenjen posebno za široku potrošnju, a posebno za industriju.

Porast stanovništva

Osnovu za prognozu porasta stanovništva čini detaljna analiza provedena u »Regionalnom planu kotara Krapina« [4]. Kod postavljanja prognoze o kretanju broja stanovnika u periodu do 1987 (25 godina) u navedenom regionalnom planu usvojena je pretpostavka, da će prestati regres stanovnika, ali da se istovremeno ne može očekivati, da se čitava vrijednost porasta dobivena prirodnim prirastom, zadrži na ovom prostoru. Računajući s konkretnim ekonomskim



Sl. 4. Mreža visokog napona na području kotara Krapina (1961)

mogućnostima, potrebom izdvajanja dijela agrarnog stanovništva suvišnog u poljoprivredi, te s intenzivnim razvojem drugih privrednih djelatnosti, može se pretpostaviti, da se na ovom području može očekivati pozitivno kretanje stanovnika, ali do granice koja je aproksimativno postavljena sa 192.000 stanovnika u godini 1987.

Uz izmjene u profesionalnoj strukturi stanovništva treba računati s intenzivnijim demografskim progresom tzv. »centralnih naselja«, tj. mjesta koja su već danas ili će u bližoj budućnosti biti administrativni i industrijski centri područja. Ta mjesta su: Zabok, Bedekovčina, Krapina, Zlatar, Konjščina, Pregrada, Klanjec, Donja Stubica, Oroslavje, Veliko Trgovište, Golubovec, Marija Bistrica, Budinšćina. Perspektivni broj stanovnika u »centralnim naseljima« predviđen je s 53.000 stanovnika u godini 1987.

Prosječni broj stanovnika iznosio je 1953. po domaćinstvu 4,8 stanovnika [2], a u 1961. godini 4,3 stanovnika. Pretpostavljeno je, da će taj broj u »centralnim naseljima« iznositi 4,0 stan./dom., a u svim ostalim naseljima 4,8 stan./dom. Prema tome prognoza broja domaćinstava iznosi:

Broj domaćinstava u »centralnim naseljima«	13.250
Broj domaćinstava u ostalim naseljima	28.000
Ukupni broj domaćinstava u 1987.	41.250

Široka potrošnja

Grupa potrošača »široke potrošnje« podijeljena je na dvije podgrupe:

mjesta sa standardom potrošnje električne energije seoskog stanovništva,

mjesta sa standardom potrošnje električne energije gradskog stanovništva.

U grupu mjesta sa standardom potrošnje gradskog stanovništva uvrštena su tzv. »centralna naselja«, predviđena regionalnim planom područja Hrvatskog Zagorja [4]. Za sva ostala naselja i mjesta pretpostavljeno je, da će u prosjeku imati standard potrošnje električne energije seoskog domaćinstva. Standard potrošnje seoskog stanovništva okarakteriziran je relativno malom upotrebom električnih aparata u termičke svrhe, a djelomičnom upotrebom motora za sitni domaći obrt i poljoprivredu.

Standard potrošnje gradskog stanovništva okarakteriziran je relativno većom upotrebom električne energije u termičke svrhe i za kućanske aparate i potrošnjom javnih službi i servisa (bolnice, škole, obrt itd.).

Procijenjene su perspektivne karakteristike široke potrošnje i pomoću faktora istodobnosti i upotrebnih vremena dobivene su osnove perspektivnog konzuma široke potrošnje prikazane u tablici 3.

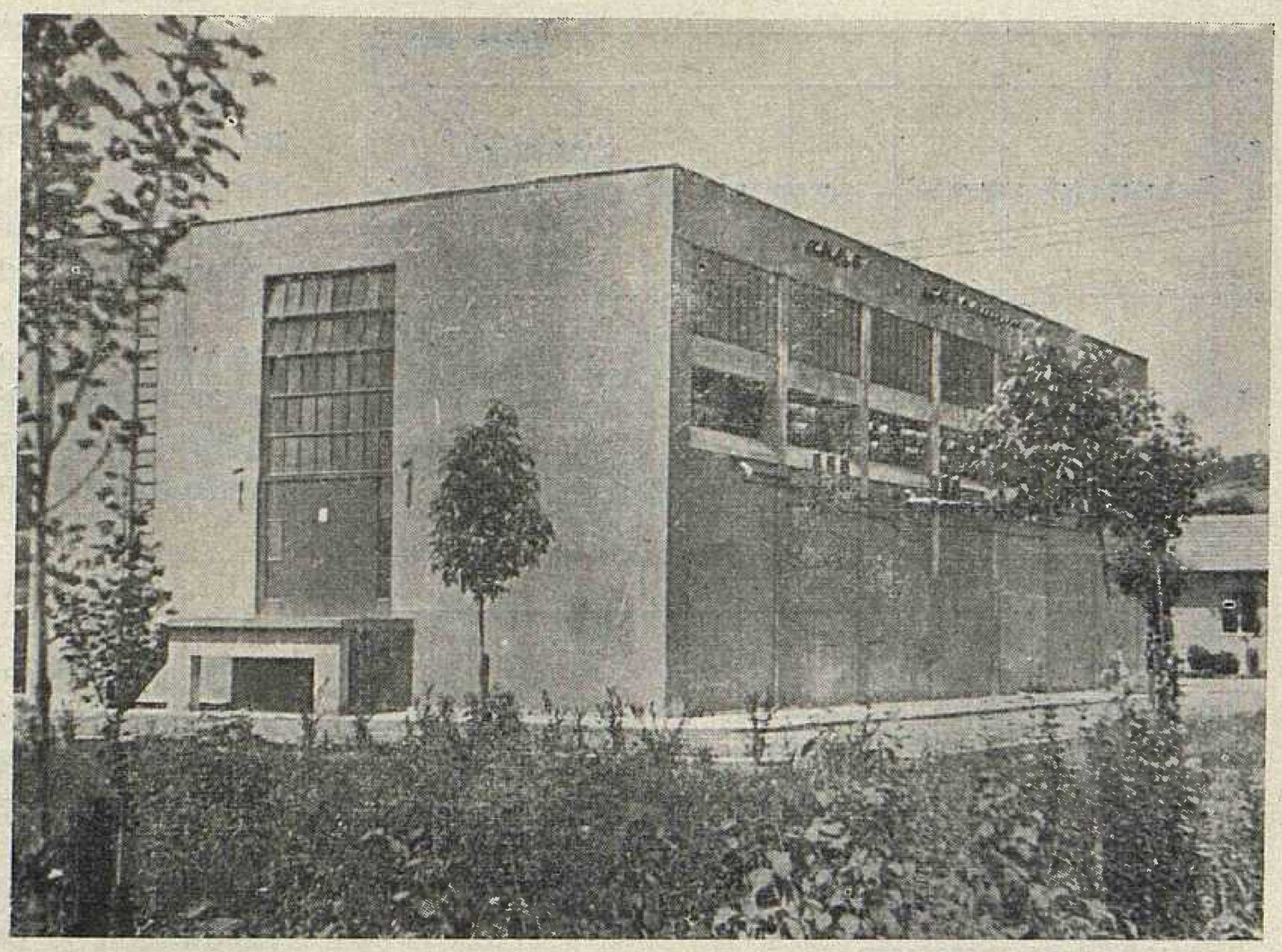
Pretpostavljene karakteristike potrošnje električne energije u seoskim i gradskim domaćinstvima kotara Krapina

Tablica 3

Naziv	Jedinica	Standard potrošnje stanovništva	
		seoskog	gradskog
Priključna snaga	W/dom.	2600	7830
Specifično opterećenje			
u mreži n. n.	,,	500	1000
u TS 10/0,4 kV	,,	425	810
u TS 30/10 kV	,,	335	650
u TS 110/30 kV	,,	325	640
Specifična potrošnja	kWh/dom. god.	910	2360

Napominje se da pretpostavljene karakteristike potrošnje ne predstavljaju samo potrošnju električne energije u domaćinstvu već »široku potrošnju« (domaćinstva + javna rasvjeta, obrt, motori u poljoprivredi, poslovne i društvene prostorije) svedenu na jedno domaćinstvo.

Ukupno područje kotara Krapina podijeljeno je na 6 manjih područja imenovanih po značajnim mjestima, a imajući u vidu perspektivne pojne tačke 35/10 kV. To su područja: Krapina, Straža (Pregrada), Kla-



5. Transformatorska stanica 30/10 kV u Zaboku

njec, Zabok, Zlatar i Konjščina. Odredivši broj domaćinstava za svako pojedino područje dobiveni su rezultati prikazani na tablici 4.

Rezultati analize broja domaćinstava, porast toga broja, opterećenja i potrošnje u domaćinstvima i ostaloj širokoj potrošnji u 1987. za područje kotara Krapina

Tablica 4

Područje	Broj domaćinstava		Opterećenje kW u 1987.		Potrošnja u 1987.
	31. 3. 1953.	1987.	u TS 30/10	u TS 110/30	MWh
1. Krapina	6693	6690	2870	2805	8950
2. Straža	3906	3675	1490	1450	4530
3. Klanjec	5423	5055	1930	1850	5690
4. Zabok	9198	12070	6000	5900	19900
5. Zlatar	7378	7290	2990	2920	9130
6. Konjščina	6081	6470	2720	2650	8400
Ukupno	38679	41250	18000	17575	56600

Potrošnja u industriji i rudarstvu

Podaci o sadašnjim i perspektivnim opterećenjima industrijskih i rudarskih potrošača sakupljeni su djelomično na terenu, a djelomično su dobiveni od distributivnog poduzeća »Elektra«, Zabok. U tablici 5 dana je rekapitulacija po područjima uzevši u obzir i sve faktore istodobnosti industrije u pojnim točkama 35/10 kV.

Rezultati ankete o perpektivnim opterećenjima i potrošnji u industriji i rudarstvu kotara Krapina

Tablica 5

Naziv	Algebarska suma maks. opterećenja kW	Maksimalno opterećenje kW	Potrošnja MWh
1. Krapina	2592	1300	5900
2. Straža	2450	1200	5400
3. Klanjec	1500	750	3380
4. Zabok	7545	3800	17000
5. Zlatar	2330	1200	5400
6. Konjščina	1870	950	4300
Ukupno	15987	9200	41380

Podaci dobiveni na terenu predstavljaju planove, koji će se ostvariti u relativno kraćem periodu, nego što su naša razmatranja, dok je sigurno da će se industrijska djelatnost na području kotara Krapina i dalje razvijati. Taj daljnji razvitak industrije neće usloviti toliko sirovinska baza (ugljen, mineralne sirovine, prehrambeni artikli) koliko ekonomska i društvena nužda, da se suvišnoj radnoj snazi da zaposlenje i da se struktura djelatnosti stanovništva promijeni. Međutim, taj daljnji razvoj potrošnje električne energije u industriji može se zaključiti na temelju općeg razvoja potrošnje električne energije (vidi kasnije).

Energetska rekapitulacija

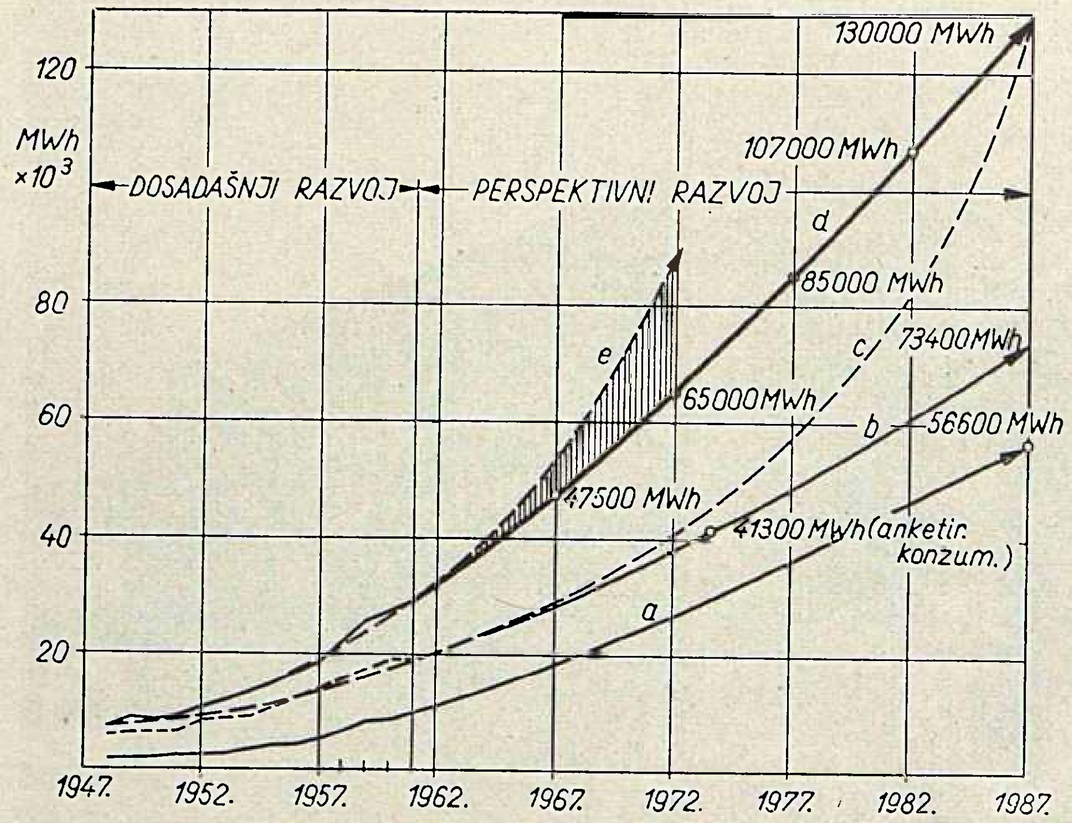
Uz pretpostavku da se za planiranje razvoja ukupne potrošnje električne energije može primijeniti pravilo »udvostručenja« konzuma za svakih 10 godina (tj. cca 7,5 %/god.), i to počevši od 1948., dobije se u 1987. ukupna potrošnja područja od cca 130.000 MWh.

Budući da se porast konzuma u razdoblju od 1948. do 1961. kretao u prosjeku s 10,8 %/god., to gornji rezultat predstavlja opreznu prognozu.

Ako se od ukupne potrošnje odbije ona koja je predviđena za široku potrošnju, tj. 56.600 MWh, dobije se potrošnja u industriji i rudarstvu u iznosu od 73.400 MWh.

Na temelju gornjih podataka kao i na temelju dosadašnjeg razvoja konzuma konstruirane su krivulje na sl. 6. Vidi se da prognoza predviđa ostvarenje danas anketiranog industrijskog konzuma negdje u g. 1973, tj. za cca 12 godina. Na sl. 6. prikazano je i moguće odstupanje od prognoze konzuma ukoliko se razvoj konzuma nastavi kao do sada, tj. sa 10,8 % godišnje.

U svrhu dimenzioniranja mreže 35 kV i pojnih točaka 35/10 kV i 110/35 kV nužno je ukupni perspektivni konzum podijeliti na manja područja kako je to već učinjeno za široku potrošnju i anketirani indu-



Sl. 6. Perspektivni razvoj potrošnje električne energije na području kotara Krapina

a široka potrošnja; *b* industrija i rudarstvo; *c* ukupna potrošnja uz porast od 7,5 %/god. (1948—1987); *d* ukupna potrošnja (prema prognozi); *e* ukupna potrošnja uz porast od 10,8 %/god. (1948—1961)

strijski konzum. Usvojeno je da se i daljnji industrijski konzum (preko anketiranog) podijeli po istom ključu, jer dosadašnji razvoj i lociranje industrije sadrži već jasno izražene tendencije. Na temelju takvog zaključivanja podijeljena je buduća potrošnja električne energije na područja prikazana u tablici 6. U istoj su tablici određena i vršna opterećenja područja primjenom uobičajenih upotrebnih vremena. Bolji uvid u razmještaj potrošnje i opterećenja po području kotara daju sl. 7 i 8.

Ustanovljenim količinama električne energije i snage za konzumente treba dodati i gubitke energije i snage u distributivnim postrojenjima. Ovi su procijenjeni sa cca 12 % tako da se može smatrati da će potrebna količina energije predane području iznositi u 1987. godini 150.000 MWh, a snaga 30 MW, odnosno (uz $\cos\varphi = 0{,}85$) 35 MVA.

PERSPEKTIVNI RAZVOJ MREŽE

Raspodjela konzuma električne energije prikazana na sl. 7 i 8 služila je za oblikovanje i dimenzioniranje visokonaponske mreže područja. Perspektivna opterećenja upućuju na formiranje pojne točke 110/35 kV područja i na daljnju izgradnju pojnih točaka 35/10 kV. Istovremeno dolazi u obzir za primjenu napon 110 kV za prijenos uz dosadašnje distributivne napone 35 i 10 kV, koji su već u primjeni na ovom području. Perspektivna mreža 110 i 35 kV i naznačena mreža 10 kV prikazane su na sl. 9.

Mreža 110 kV

U opisu dosadašnje visokonaponske mreže spomenuto je da na području kotara Krapine već postoji vod 110 kV, koji veže TS 110 Rakitje s TE Jertovec i s TS 110 Nedeljanec. Za sada ovaj vod nema nikakovog značenja za napajanje distributivne mreže kotara. Osnovnim rješenjem područja kotara iz 1957. predložena je pojna točka 110/35 kV u blizini Zaboka koja bi se napajala gore spomenutim vodom [1]. Na formiranje ove pojne točke utjecale su slijedeće činjenice:

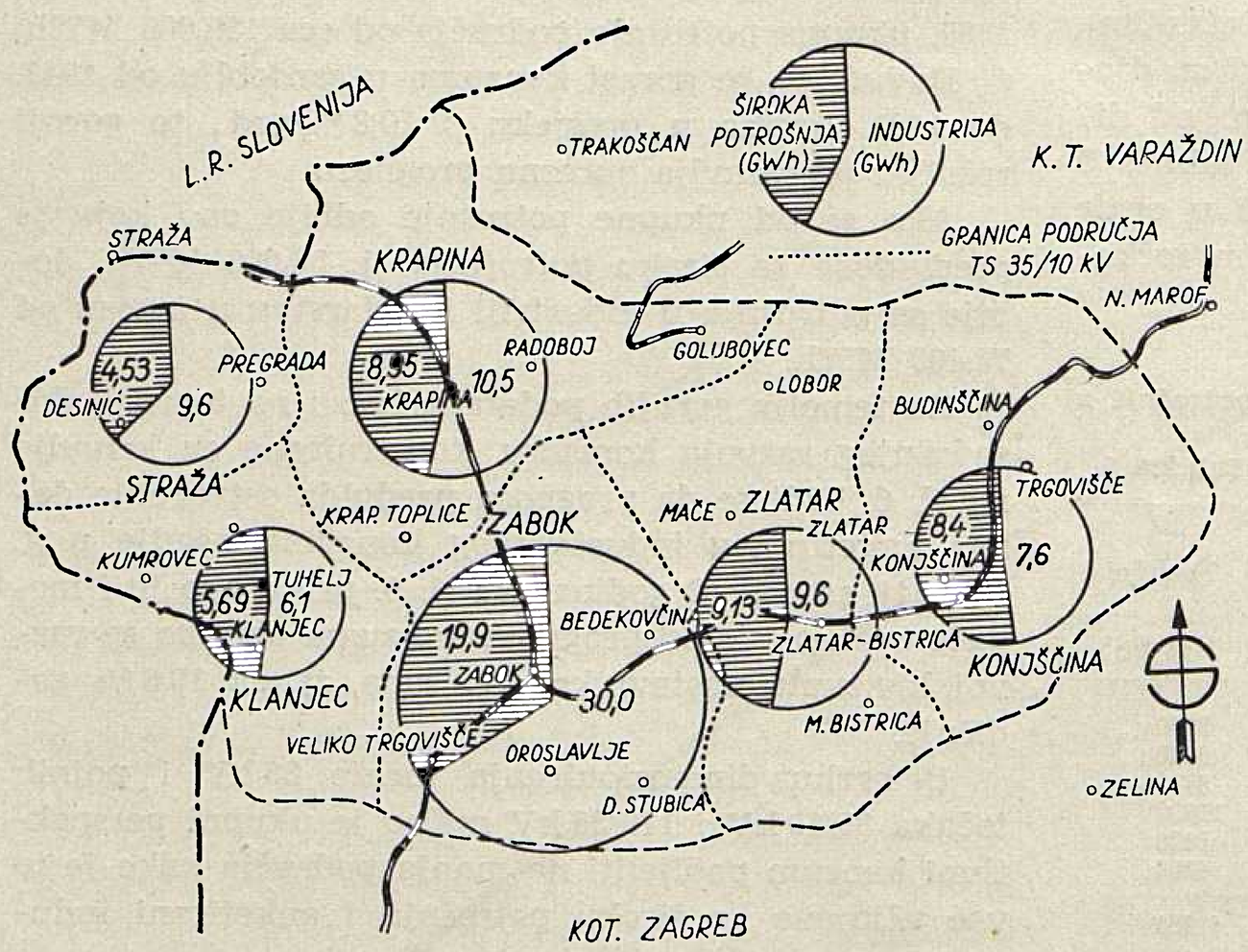
a) Na području kotara postoji doduše izvor električne energije (TE Jertovec, 52 MVA), ali je smješten potpuno ekscentrično u odnosu na konzum područja tako da direktno napajanje distributivne mreže naponom 35 kV ne dolazi u obzir.

b) Na ostalom području kotara ne postoje izgledi za izgradnju izvora električne energije u budućnosti.

c) Južnim dijelom područja prolazi vod 110 kV, koji je vezan na energetski sistem Hrvatske. Ovaj vod prolazi u neposrednoj blizini centra konzuma.

d) Perspektivni konzum (do 25 godina) neće zahtjevati više od jedne pojne točke 110/35 kV.

Prema tome, razmatranje oblikovanja mreže i pojnih točaka 110 kV za područje kotara je nepotrebno, jer će taj problem biti riješen za dulji period izgrad-



Sl. 7. Raspored i struktura potrošnje električne energije na području kotara Krapina (1987)

Široka potrošnja	56.600 MWh
Industrija i rudarstvo	73.400 MWh
Ukupno	130.000 MWh

Perspektivna potrošnja i opterećenja na području kotara Krapine u 1987. Tablica 6

Naz v	Široka potrošnja			Industrija		Ukupno		
	MWh	kW		MWh	kW	MWh	kW	
		u TS 35/10	u TS 110/35		u TS 35/10		TS 35/10	TS 110/35
1. Krapina	8950	2870	2805	10500	1400	19450	4270	3205
2. Straža	4530	1490	1450	9600	1280	14130	2770	2730
3. Klanjec	5690	1930	1850	6100	820	11790	2750	2670
4. Zabok	19900	6000	5900	30000	4000	49900	10000	9900
5. Zlatar	9130	2990	2920	9600	1280	18730	4270	4200
6. Konjščina	8400	2720	2650	7600	1020	16000	3740	3670
Ukupno	56600	18000	17575	73400	9800	130000	27800	26375

njom TS 110/35 kV u Zaboku. Napominje se ovdje, da je prijedlog za izgradnju ove stanice u principu već usvojen.

Mreža 35 i 10 kV

Spomenutim rješenjem [1] predložene su bile i nove pojne točke 35/10 kV: TS Klanjec, TS Konjščina i TS Krapina, kao i vodovi 35 kV do tih stanica. Sve nabrojene stanice i vodovi su izgrađeni u zadnje vrijeme. Međutim, prateći razvoj konzuma, a još više lokaciju industrijskih konzumenata, može se zaključiti slijedeće:

a) U perspektivi od cca 5 do 10 godina trebat će na području Zaboka, između naselja Oroslavlja i D. Stubice formirati novu pojnu točku 35/10 kV. Već današnji konzum ovog područja (uglavnom industrijski konzum) zahtijeva udvostručenje i utrostručenje vodova 10 kV i ukoliko se ostvari izgradnja najavljenih industrijskih kapaciteta (novih 3 MW), snabdijevanje mrežom 10 kV postat će neekonomično, i tehnički otežano. Napajanje predložene pojne točke 35/10 kV uslijedit će iz TS 110/35 kV u Zaboku.

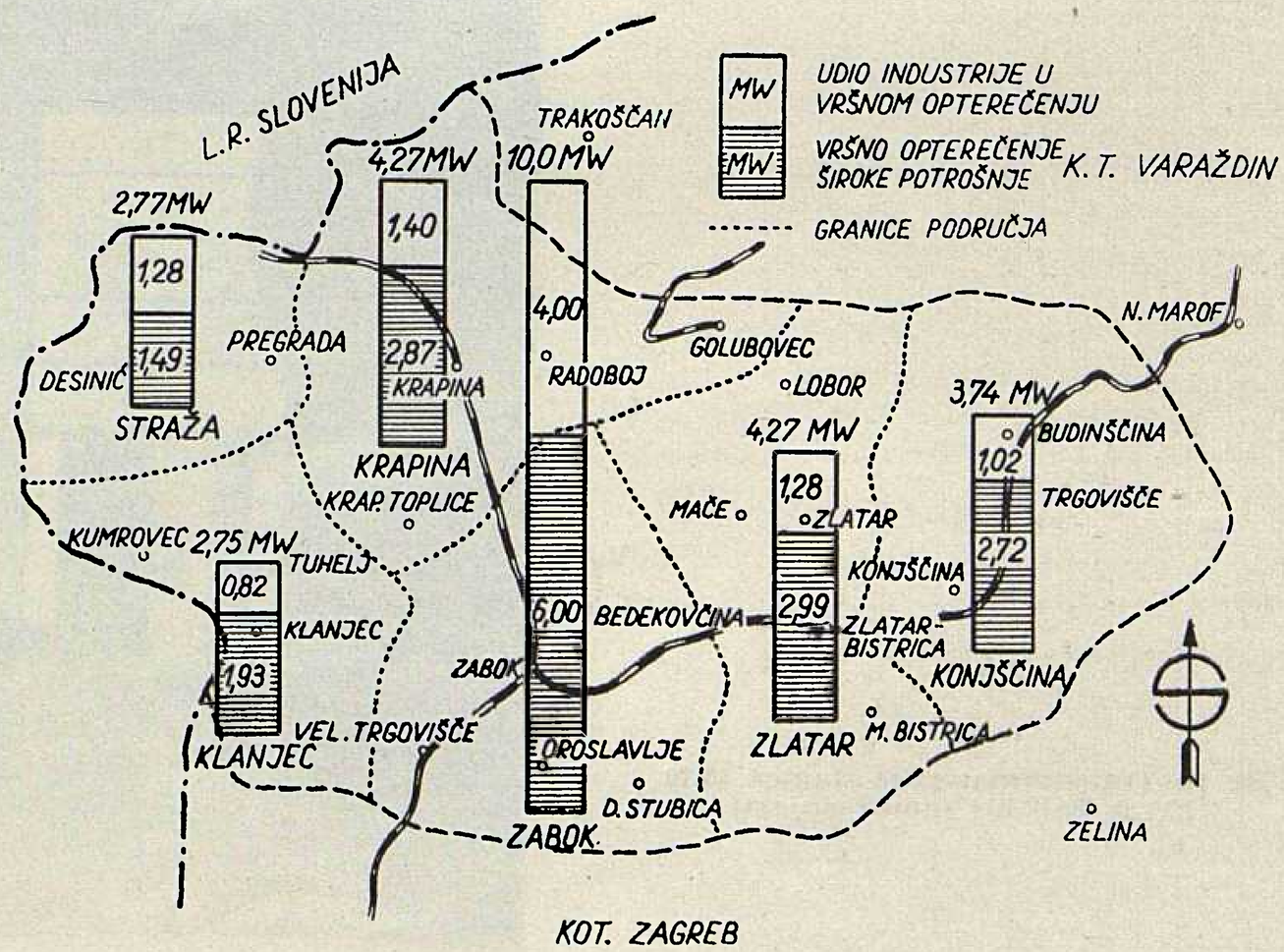
b) U perspektivi od cca 5 do 10 godina trebat će u području Bedekovčine osnovati novu pojnu točku 35/10 kV ukoliko se ostvare najavljena povećanja industrijskih kapaciteta (cca 2,5 MW). Ova stanica mogla bi se uklopiti u vod 35 kV Zabok — Zlatar, ali nakon rekonstrukcije tog voda (vidi kasnije).

c) U području Pregrade, koje se danas napaja djelomično iz Straže, a djelomično iz Krapine, trebat će u dogledno vrijeme osnovati pojnu točku 35/10 kV. Osnivanjem ove pojne točke izgradnja mreže 10 kV odvijala bi se racionalnije, jer će se inače vodovi 10 kV do tog područja udvostručiti, što je bespotrebno u daljoj perspektivi, kada će ipak doći do izgradnje stanice 35/10 kV u Pregradi. Ova pojna točka mogla bi se kroz duži period napajati (cca 15 godina) preko TS Krapina ili TS Klanjec, dok opterećenje ne bi uslovilo izgradnju posebnog pojnog voda 35 kV iz TS 110/35 kV Zabok.

Pored gornjih prijedloga za nove objekte na naponu 35 kV iz dana u dan pokazuje se sve veća potreba za potpunom rekonstrukcijom:

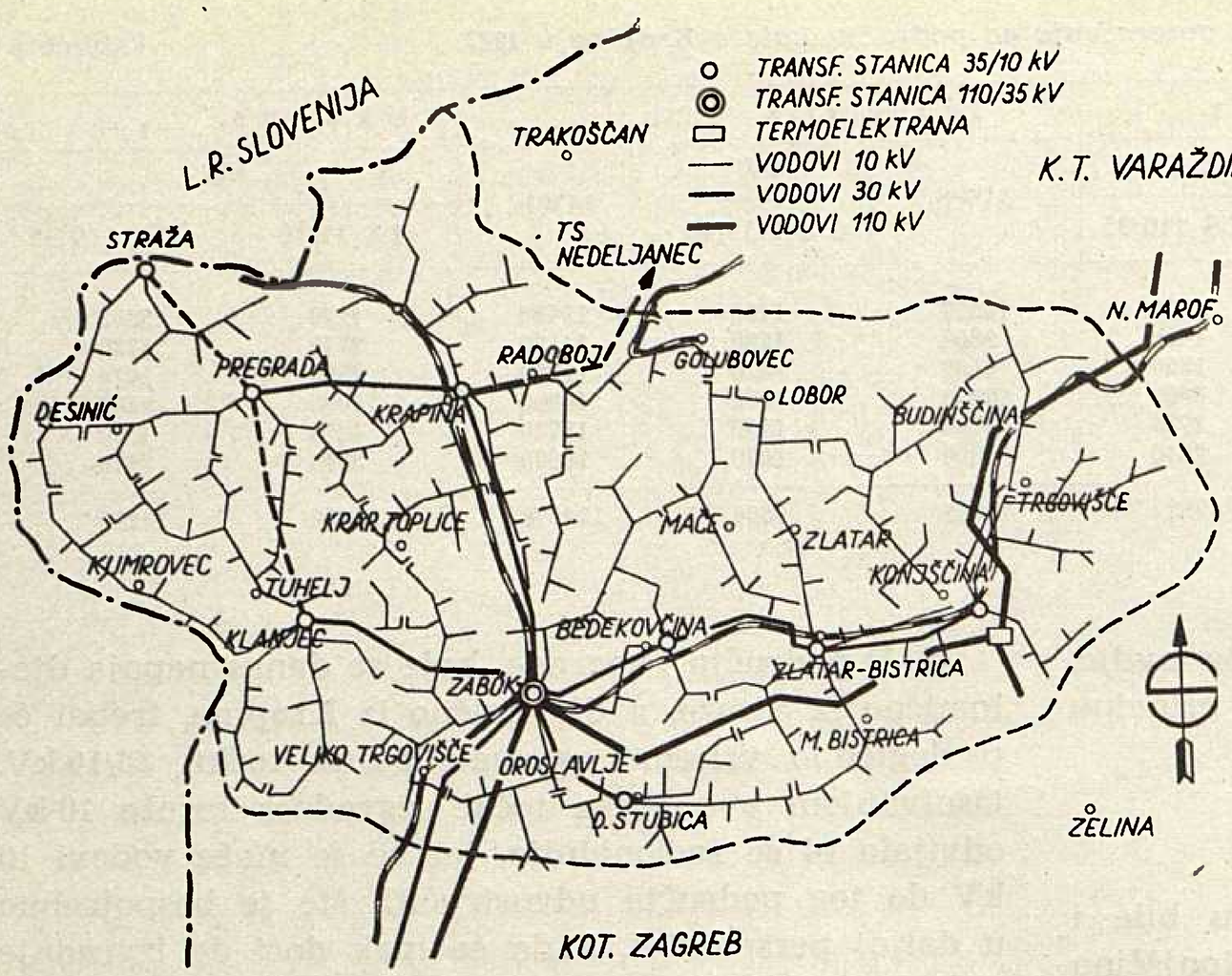
a) TS 35/10 kV u Zlataru. Ova stanica izgrađena neposredno nakon oslobođenja dotrajala je i u tehničkom pogledu i u pogledu kapaciteta. Trebat će ili izvršiti temeljitu rekonstrukciju ili sagraditi novu stanicu.

b) Vod 35 kV između današnjih stanica 35/10 kV u Zaboku i Zlataru sagrađen je s kestenovim stupovima i miješanog presjeka (95 mm² Al i 35 mm² Cu), na trasi koja krivuda vodeći računa o terenu koji je močvaran. Teren se danas regulira i moguće je položiti racionalniju i kraću trasu voda. Opravdanje za izgradnju novog voda s homogenim presjekom (120 mm² Alče) leži u činjenici da su opterećenja u TS



Sl. 8. Raspored i struktura opterećenja u TS 35/10 kV na području kotara Krapina (1987)

Široka potrošnja	18 MW
Udio industrije	9,8 MW
Ukupno	27,8 MW



Sl. 9. Perspektivna mreža visokog napona na području kotara Krapina (1987)

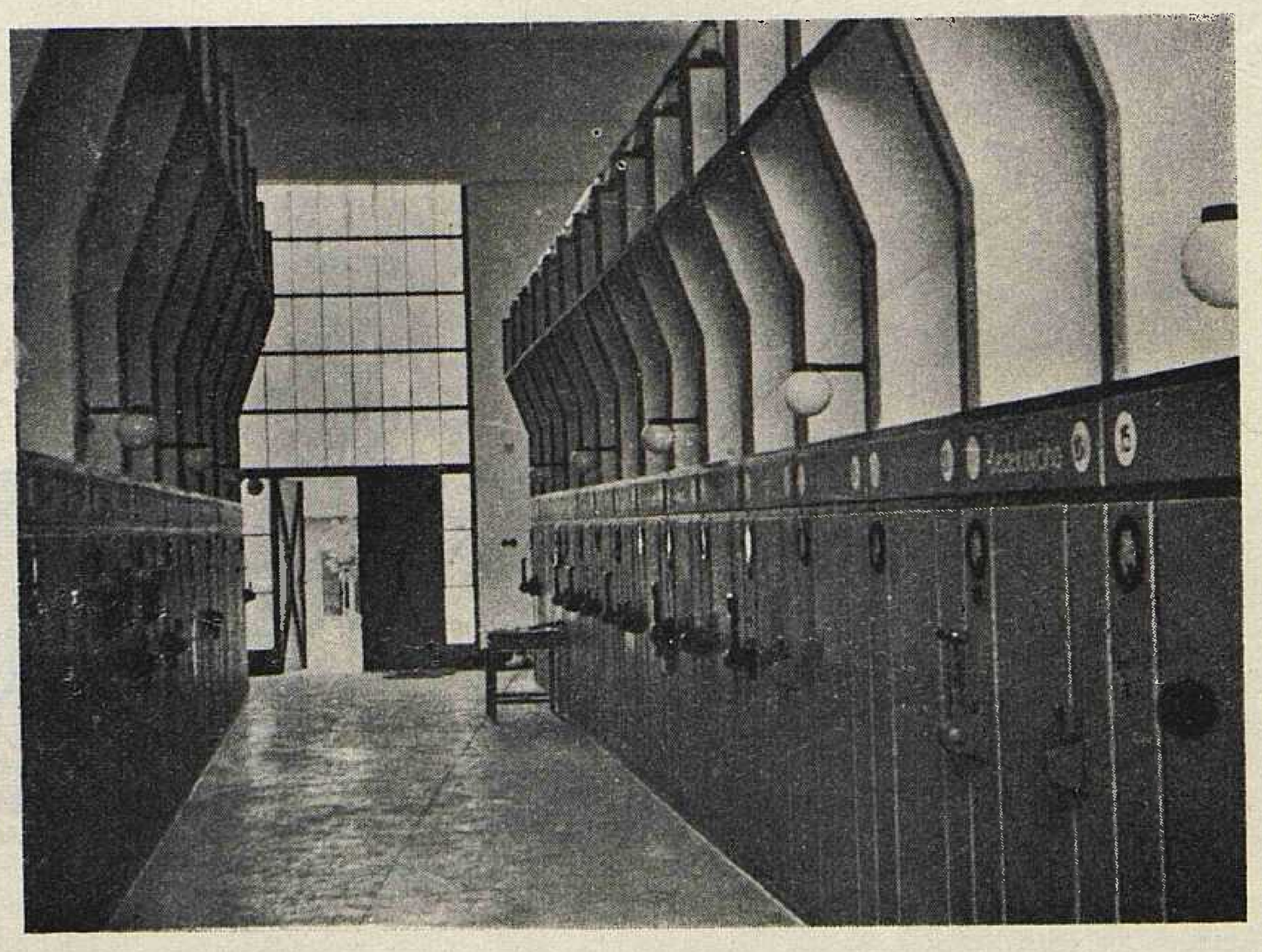
Zlatar i TS Konjščina u stalnom porastu i u dogledno vrijeme će kvalitetan prijenos starim vodom biti onemogućen. Eventualna izgradnja nove stanice 35/10 kV u Bedekovčini potpuno bi uslovila izgradnju predmetnog voda.

Danas je u pogonu cca 376 km mreže 10 kV. Prema tome trebalo je postojeću mrežu, koja ima već utvrđen konzum, pri formiranju perspektivne mreže maksimalno uzeti u obzir.

Kriterij za određivanje presjeka bio je pad napona 8 %. Kao materijal za vodiče uzet je u obzir isključivo Alučel. Proračuni su pokazali da u većini slučajeva zadovoljavaju presjeci 25 i 35 mm^2.

Jedan od principa oblikovanja mreže 10 kV bio je, da se svakom vodu 10 kV, koji predstavlja napojni strujni krug za jedno područje, osigurava rezervni izvor napajanja bilo iz strujnog kruga iste pojne točke 35/10 kV, bilo iz strujnog kruga pojne točke 35/10 kV susjednog područja. Ovaj zadnji slučaj »rezervnog« napajanja smatran je povoljnijim. Navedeno »rezervno« napajanje predstavljat će nužni pogonski elemenat uzdržavanja mreže i to zato, što je mreža 10 kV izgrađena isključivo na drvenim stupovima. (32 % mreže starije je od 15 godina) i sigurno je da je pri takovoj mreži rekonstrukcija uvijek aktuelna. Uz obavezu osiguranja električne energije i u vrijeme rekonstrukcija, »rezervne veze« odigrat će važnu ulogu. Napominje se da u relativno razgranatoj mreži, kao što je ova na području kotara Krapina, izgradnja »rezervnih veza« ne uzrokuje znatnije investicije.

Predviđa se da će do 1987. biti u pogonu oko 350 seoskih transformatorskih stanica 10/0,4 kV, 40 stanica u centralnim, odnosno, gradskim naseljima i cca 620 km vodova 10 kV. Industrijske stanice 10/0,4 kV ovdje nisu uračunane.



Sl. 10. Transformatorska stanica 30/10 kV u Zaboku (unutrašnjost)

Troškovi izgradnje mreže

Troškovi za izgradnju perspektivne mreže koja bi dozvoljavala 100 %-tnu elektrifikaciju i predviđenu potrošnju električne energije izračunani su aproksimativno kako slijedi:

Mreža 110 kV (TS 110/30 kV s priključkom)	450,000.000 Din
Mreža 35 kV	450,000.000 Din
Mreža 10 kV i n. n. mreže	1.100,000.000 Din
Ukupno	2.000,000.000 Din

To znači da će troškovi izgradnje mreže iznositi cca 95,000.000 Din po svakom novom megavatu opterećenja područja.

Literatura

[1] M. Balling, *Elektrifikacija kotara Krapina (1957-1987)* – Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1958.

[2] *Prvi rezultati popisa stanovništva od 31. 3. 1961.* Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1961.

[3] *Statistika potrošnje električne energije po konzumnim područjima elektroprivrednih poduzeća NR Hrvatske* – Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

[4] *Kotar Krapina – Regionalni i prostorni plan.* Urbanistički Institut NRH, Zagreb, 1958.

Naslov pisca: Ing. Miroslav Balling, »Elektra«, Zagreb, Gundulićeva 32

Uklanjanje stalne posade

Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske postavlja zadnjih godina sve češće zahtjev, da se u projektima pokrajinskih transformatorskih stanica 35/10 kV ne predvidi stalna posada, odnosno da se posada ukloni iz onih stanica, koje su već izgrađene. Da se to provede bez smanjenja osnovnih kvaliteta pogona, trebalo bi u postojeći sistem zaštitnih i signalnih uređaja uvesti neke izmjene i dopune.

Pokrajinske distributivne transformatorske stanice 35/10 kV izgrađene su, odnosno izgrađuju se, u pravilu u neposrednoj blizini većih naselja u kojima postoji ili u kojima se predviđa mjesni ured dotičnog distributivnog poduzeća.

Mreže 35 i 10 kV, povezane s tim stanicama, izvedene su većinom zračnim vodovima. Vodovi 35 kV napajaju uglavnom cijeli niz transformatorskih stanica 30/10 kV, što prolaznih što krajnjih. Mreža je radijalna s jednosmjernim napajanjem, no u izvjesnim slučajevima postoji mogućnost da se smjer napajanja izmijeni. Zvjezdište mreže 35 kV izolirano je, a predviđa se i njegovo uzemljivanje preko malog otpora.

Transformatorske stanice 10/0,4 kV napajaju se većim dijelom zračnim vodovima 10 kV, a samo manjim dijelom kabelskim vodovima. Zvjezdište mreže 10 kV izvedeno je također izolirano. U stanicama 10 kV prekidači u vodnim poljima nisu ugrađeni. Ugrađeni su samo u stanicama od 35/10 kV i opremljeni nadstrujnim vremenski neovisnim relejima.

Pitanja, koja su se pojavila u vezi s otklanjanjem stalne posade mogla bi se riješiti:

a) primjenom automatskog ponovnog uklapanja zbog odstranjivanja ispada iz pogona, koji su uzrokovani smetnjama prolaznog karaktera i

b) primjenom daljinske komande, signalizacije i mjerenja.

Uređaje za automatsko ponovno uklapanje na 35 kV ima smisla postaviti samo u TS 110/35 kV.

Ciklus iskapčanje-ukapčanje ovog uređaja morao bi započeti prije nego što vremenski relej prekidača zadnje transformatorske stanice 35/10 kV prouzroči njegovo iskapčanje.

S obzirom na karakteristike mreže 10 kV, svakako je pogodno u stanicama 35/10 kV primijeniti uređaje za automatsko ponovno uklapanje na 10 kV, za uklanjanje trajnih ispada, uzrokovanih smetnjama prolaznog karaktera. Zaštita ovih vodova izvedena je prekidačima u pripadnim vodnim ćelijama stanica 35/10 kV, tako da se aktiviranje uređaja za ponovno uklapanje može izvršiti preko pomoćnih kontakata prekidača, nakon njegovog isključenja. Jedan takav uređaj domaće proizvodnje jednostavne izvedbe je relejni uređaj RU 56 proizvodnje tvornice TELA.

Automatsko ponovno uklapanje kod ovog uređaja može se podesiti u vremenskom intervalu od 0,4 do 4 minute. Uređaj se može primijeniti kod svih tipova prekidača domaće proizvodnje, bilo da je predviđena primarna ili sekundarna zaštita. Daljnja je pogodnost ovog uređaja, da se može priključiti na naponske mjerne transformatore, ako nema pomoćnog izvora energije u stanici.

Prilikom uklanjanja stalne posade iz pokrajinskih distributivnih transformatorskih stanica 35/10 kV, tamo gdje postoji mogućnost napajanja iz jednog ili drugog izvora energije putem prekapčanja prekidača (to je npr. u vodovima 35 kV Međurić–Sl. Brod i Sisak–Međurić), pita se, da li se može održati kontinuirani pogon kod kvara na vodu kojim se napaja u normalnom pogonu. Ovo pitanje nije do sada praktički rješavano, ali izgleda da bi njegovo rješavanje zahtijevalo opremanje ulaznog i izlaznog polja u svim stanicama prekidačima i usmjerenim nadstrujnim relejima s vremenskim stepenovanjem. Pored toga trebalo bi oba vodna polja u stanici, u kojoj je razdvojen vod, opremiti podnaponskim relejem sa svrhom prekapčanja kad nestane napon na jednom ili drugom vodnom polju. Za smanjenje vremena trajanja beznaponskih pauza, kod kvarova na vodu 35 kV, za sada se našlo jednostavnije rješenje: nestanak napona signalizira se u prostoriji dežurnog električara u mjesnom uredu distributivnog poduzeća.

Daljinsku komandu u ovim transformatorskim stanicama možda ne bi trebalo izvoditi zbog ekonomičnosti već bi bilo bolje zadovoljiti se uvođenjem spomenutog automatskog ponovnog uklapanja vodova 10 kV, te provođenjem daljinske signalizacije.

Pogonski zahtjevi u pogledu mjerenja energije, struje i napona u ovim stanicama barem u sadašnjoj fazi eksploatacije, nisu takovi da bi tražili provođenje daljinskog mjerenja ovih veličina, tako da se ovaj problem zapravo i nije pojavio.

Daljinska signalizacija provedena je u nekim od ovih stanica direktno preko signalnog kabela položenog u zemlju. Ovakvom izboru prijenosnog sistema pogodovala je relativno malena udaljenost stanica od mjesnog ureda distributivnog poduzeća, koja se u promatranim slučajevima kretala do 1 km. Broj parica odabran je već prema postavljenim zahtjevima, a signalizacija je provedena optičkim i akustičkim uređajima.

Sistem indirektnog prijenosa za sada nije razmatran, jer se to nije zahtijevalo. Ako bi se, međutim, jednom postavilo pitanje daljinske komande i mjerenja, trebat će razmisliti o primjeni ovakvog sistema.

Na kraju potrebno je napomenuti, da o ekonomskim prednostima uklanjanja stalne posade iz tih stanica i provedbom daljinske signalizacije u mjesnom uredu, nema diskusije. Umjesto četiri čovjeka, koliko ih danas treba u svakoj od ovih stanica, bit će u ovom slučaju dovoljan jedan jedini čovjek za noćna dežurstva u mjesnom uredu.

Ing. Petar Bumči

Opada porast široke potrošnje električne energije u SAD

Unazad šest proteklih godina zabilježeno je stalno opadanje uobičajenog porasta široke potrošnje električne energije u SAD. U svrhu iznalaženja uzroka ovoj pojavi anketirana su elektroopskrbna poduzeća na koja otpada 75,5 % svih brojila SAD. Na temelju dobivenih podataka za razdoblje od 1956. do 1961. godine porast te potrošnje izražen procentima u odnosu na prethodnu godinu, kretao se je ovako:

1956.	10,8 %	1959.	9,3 %
1957.	9,8 %	1960.	8,5 %
1958.	8,0 %	1961.	6,5 %

Anketom je ustanovljeno da konkurentniji plin sve više potiskuje električnu energiju kod termičkih aparata, hladnjaka i uređaja za hlađenje zrakom. Drugi konkurent je nafta na području grijanja prostorija i vode, dok novu prijetnju električnoj energiji predstavlja upotreba vlastitih generatora. Osim toga ustanovljeno je da potrošači električne energije počinju svoje prihode sve više trošiti na život van kuće: putovanja i zabave.

Na pitanje kako popraviti ovo stanje elektrike na energetskom tržištu i kako spriječiti njeno daljnje potiskivanje s već osvojenih pozicija, palo je više različitih prijedloga:

provesti reviziju tarife i tarifne politike;

reorganizirati, proširiti i unaprijediti prodajne službe u poduzećima;

unaprijediti planiranje i proširiti funkcije planera u prodajnim odjeljenima;

povećati sredstva za propagandu;

pojačati konkurenciju ostalim nosiocima energije;

razviti ljudske odnose s potrošačima [Public relations];

razviti službu primjene električne energije [appliance servicing] savjetovališta za izbor optimalne tarife;

unaprijediti analizu tržišta i ustanoviti što potrošači kupuju i koja trošila električne energije treba poboljšati;

razviti prodaju elektrokućanskih aparata: štednjaka, grijala, bojlera, sušila i hladnjaka [primjeni štednjaka i bojlera pridaje se najveća pažnja];

povećati interes organa direkcije za rješenje ovog problema;

uvesti nagrađivanje osoblja za postignute rezultate.

Veća elektroopskrbna poduzeća, a to su ona s preko 250.000 potrošača, primjenjuju već veliki dio navedenih preventivnih mjera. U tome sudjeluju i manja poduzeća no smatraju da je osnovni problem u postojećoj tarifi električne energije koju treba mijenjati i dovesti je u sklad s novim stanjem energetskog tržišta.

Anketom je ustanovljeno da je oko 45 % velikih i oko 32 % malih poduzeća reorganiziralo i unaprijedilo svoja prodajna odjeljenja pri čemu se 26 % velikih i malih poduzeća poslužilo uslugama specijaliziranih agencija za organizciju i unapređenje poslovanja. Funkcije prodajnih odjeljenja su kod 73,5 % reorganiziranih poduzeća proširene, kod 11,2 % sužene a kod 15,3 % ostale nepromjenjene. Na području analize tržišta, 53 % velikih i 38 % malih poduzeća koristi usluge specijaliziranih agencija za istraživanje tržišta. Neka poduzeća, većinom velika, imaju u svojim prodajnim odjeljenjima posebnu grupu stručnjaka za analizu energetskog tržišta. Poduzeća se, međutim, razlikuju u pogledu kontinuiteta analize tržišta. Jedni to vrše kontinuirano, drugi periodično, a treći samo od slučaja do slučaja. Od poduzeća koja kontinuirano prate tržišna kretanja otpada 70 % na velika i 30 % na mala poduzeća. Od onih koja se zadovoljavaju periodičnim analizama tržišta otpada 42 % na velika i 58 % na mala poduzeća a od onih koja vrše analizu tržišta samo sporadično otpada 37 % na velika i 63 % na mala poduzeća. Velika poduzeća polažu dakle veću važnost tržišnim kretanjima i analizi utjecajnih faktora.

U vezi mišljenja da bi se organi direkcije trebali više zainteresirati za službu prodaje i njezine probleme anketom je ustanovljeno da je tek 37 % direktora i 69 % njihovih pomoćnika radilo u toku svoje prakse u odjeljenjima prodaje električne energije.

Smatra se da ovom problemu električne energije na energetskom tržištu treba posvetiti dužnu pažnju i poduzeti sve potrebne mjere za uklanjanje negativnih faktora i za povećanje potrošnje električne energije. [Elektrical World, 23. VII 1962. prema John Dn Damon: »Which way for sales«].

DF

Savjetovanje o projektiranju i izvođenju električnih instalacija u stambenim objektima

Elektrosekcija Društva inženjera i tehničara (DIT) u Splitu održala je 16. i 17. 2. 1962. savjetovanje o projektiranju i izvođenju električnih instalacija u stambenim objektima. Svrha savjetovanja sadržana je u uvodu referata ing. Škarice, koji glasi: »Ogroman porast potrošnje i svestrana primjena električne energije u kućanstvima nakon Oslobođenja, kao i nagli razvoj stambene izgradnje ponukali su Elektrosekciju DIT-a u Splitu, da organizira ovo savjetovanje zbog boljeg načina usklađivanja rješavanja instalacija u stambenim objektima. S jedne strane prebrz tempo elektrifikacije, a s druge strane slab kontakt nadležnih distributivnih poduzeća i revizionih komisija, te pomanjkanje podrobnije razrađenih uputa i uzanca, doveli su do neobične šarolikosti u pristupanju rješavanja projektiranja i izvođenja električnih instalacija u stambenim objektima . . .«

Na ovom savjetovanju podnešena su tri referata i to:

1. Ing. Dalibor Škarica: *Instalacija jake struje u stambenim objektima.*
2. Ing. Ratomir Žurić: *Rasvjeta u stanovima.*
3. Ing. Antun Afrić: *Instalacija slabe struje u stambenim objektima.*

Svaki od navedenih referata obradio je odnosnu problematiku stručno i iscrpno. Ovdje ćemo se samo ukratko osvrnuti na sadržaj pojedinih referata.

I INSTALACIJA JAKE STRUJE U STAMBENIM OBJEKTIMA
(Ing. Škarica)

Referat obrađuje instalacije jake struje u stambenim objektima prilazeći ovom problemu od dovoda električne energije.

Obrađene su slijedeće glavne točke:

1. *Način priključka.* S obzirom na način priključka konstatira se, da propis JUS-a N. B. 2.701 — 1,26 traži da se električni uređaji i naprave s vršnim opterećenjem do 3 kW

mogu priključiti jednofazno, do 6 kW dvofazno, a iznad toga opterećenja trofazno, te bi prema tome, prema tablici opterećenja (kako je predložila »Elektrodalmacija«) čak i objekte s jednim stanom (6,925 kW) trebalo priključiti trofazno. Između ostaloga ističe se veoma težak i kompliciran priključak glavnog kućnog razdjelnika na podzemnu kabelsku mrežu, te se predlaže, kao prijeko potrebno, poraditi na industrijskoj proizvodnji kućnog priključnog ormarića s plombom i osiguračima.

2. *Projektiranje i izvedbe glavnog razdjelnika.* Ovdje se obrađuje problem koncentracije električnih brojila, koji je praktičan samo za očitavanje potroška struje, dok s druge strane predstavlja jako skupo rješenje s obzirom na veliku dužinu usponih vodova.

3. *Ugradnja trofaznih ili jednofaznih brojila.* Iznose sve teškoće, koje donosi Odluka o primjeni trofaznih umjesto jednofaznih brojila, s obzirom na uzdržavanje, nabavu rezervnih dijelova itd., a ističe se ekonomična prednost jednofaznih brojila.

4. *Usponi vodovi od katnih razdjelnika do razdjelnika u stanu.* Ovdje se govori o presjeku vodova kod primjene jednofaznih i trofaznih brojila s napomenom, da je danas moguće izvoditi uspone vodove za obje vrsti brojila PGP vodovima u žbuci i time izbjeći rušenje zidova i postavljanje izolacionih cijevi.

5. *Razdjelnici stana.* Obrađuje oblik razdjelnika s obzirom na to, što se više uopće ne predviđa postavljanje električnih brojila u stanu. Predlaže se promjena razdjelnika u obliku zatvorenih osigurača kao jeftinijih i jednostavnijih.

6. *Elementi opreme stana.* Prikazana je kategorizacija stanova na području Splita i navedeni elementi opreme (Službeni Glasnik NO Općine Split broj 6 od 28. 9. 1959), smatrajući da odnosne odredbe olakšavaju izradbu projektnog programa stambene zgrade.

7. *Strujni krugovi unutar stana.* Obrađeno s obzirom na fazne priključnice i aparate, te njihovo lociranje.

8. *Zaštita od dodirnog napona.* Obrađeno s obzirom na primjenu raznih načina zaštite (nulovanjem, posebnim vodom za uzemljenje itd.).

9. *Zaštita instalacije jake struje.* Ističe se, da je s obzirom na današnju veoma široku primjenu i upotrebu polivinilskih vodova (PP/P i PGP), naročito važno pravilno dimenzioniranje zaštite električnih instalacija jake struje.

II RASVJETA U STANOVIMA (Ing. Žurić)

Obrađuje problematiku rasvjete u stanovima sa stanovišta njene komforne funkcionalnosti i instalacija s obzirom na njene perspektivne potrebe. Referat je obradio slijedeće točke:

1. Pravila dobre rasvjete u stanovima.
2. Otklanjanje blještenja.
3. Otklanjanje preoštrih sjena i sjena koje smetaju u radu.
4. Postupno ublaživanje kontrasta.
5. Bolje prostorije za stanovanje.

Iz referata je naročito interesantno navesti najnovije francuske preporuke o nivou jakosti rasvjete u stanovima. U slijedećoj tablici navedena je jakost rasvjete u pojedinim stambenim prostorijama prema tim preporukama.

Prostorija	Svrha	Rasvjeta luksa	
		minim.	prepor.
Kupaonica	opća rasvjeta	50	100
	kod ogledala	200	500
Spavaonica	opća rasvjeta	50	—
	iznad kreveta i ogledala	200	500
Kuhinja	radne plohe	100	200
Dnevna soba		70	200
	povremeno čitanje	150	—
	duže čitanje	130	500
	šivanje i pletenje	300	500
Radionica		150	300

III INSTALACIJA SLABE STRUJE U STAMBENIM OBJEKTIMA (Ing. Afrić)

Iscrpno je obrađena problematika instalacija slabe struje u stambenim objektima u dva dijela. Prvi dio obuhvaća najglavnije momente koji se javljaju pri projektiranju telefonskih instalacija u stambenim objektima s obzirom na praktičnost, tehničku stranu i na ekonomično eksploatiranje telefonske mreže. U drugom pak dijelu autor je obradio instalacije antenskih uređaja u stambenim objektima i to: tipove centraliziranih uređaja, projektiranje antenskog razgranjenja i instalacije vanjske antene. Osim toga referat sadrži niz skica i shema.

Time bi bio ukratko iscrpljen prikaz sadržaja referata.

Savjetovanju je prisustvovao veći broj zainteresiranih stručnjaka s područja Dalmacije.

IV ZAKLJUČCI SAVJETOVANJA

Na kraju savjetovanja donesene su slijedeće

PREPORUKE

1. Diskusijom je utvrđeno, da su postojeći propisi JUS koji se odnose na električne instalacije u zgradama i propisi za zaštitu od električne struje veoma zastarjeli i da ne odgovaraju suvremenom razvitku instalacione tehnike, niti odgovarajućem razvitku u građevinarstvu. Zato se predlaže, da se revidiraju navedeni propisi u skladu s razvitkom instalacione tehnike i građevinarstva.

2. Potrebno je da svi aparati i uređaji koji se primjenjuju u domaćinstvima budu podvrgnuti kontroli kvalitete, bilo da se proizvede u zemlji, bilo da se uvoze iz inozemstva, jer se ustanovilo da na tržištu ima proizvoda koji ne zadovoljavaju ni u pogledu kvalitete ni u pogledu sigurnosti.

3. Potrebno je da Savezna industrijska komora i Savezna građevinska komora izrade posebne suvremene propise za izvedbu, kolaudaciju i uzdržavanje električnih instalacija u stambenim zgradama.

4. Potrebno je obavezati investitora, da predvide sredstva za električne instalacije u zgradama, koje će potpuno zadovoljiti potrebe suvremenog domaćinstva, kako u pogledu primjene električnih kućanskih aparata, tako i u pogledu električne rasvjete u stanovima.

5. Preporuča se nadležnim distributivnim poduzećima, da izrade prijedlog tipiziranih kabelskih ormarića i spratnih razdjelnika (glavnih razdjelnika), koji bi se proizvodili serijski i time olakšali rad na projektiranju i izvođenju električnih instalacija jake struje u zgradama. Dimenzije ormarića treba razraditi na temelju podataka za daljnji razvoj kućnih instalacija.

6. Budući da potrošnja električne energije u kućanstvima jako raste, a za sada nema dovoljno osiguranih pokazatelja, predlaže se da se trofazni usponi vodovi (kolone) izvode u Bergmanovim cijevima promjera 36 mm ili »Juvidur« odgovarajućeg presjeka. U slučaju potrebe postavljanja vodiča većeg presjeka (kad ne zadovoljava cijev promjera 36 mm), treba upotrebiti okomiti šinski razvod.

7. Prema izlaganju predstavnika tvornice »Iskra«, Kranj. razvojni biro je razradio jednofazno brojilo 10/60 A za 600 % preopterećenja, pa se skreće pažnja distributivnim poduzećima, da razmotre mogućnost upotrebe ovih brojila umjesto trofaznih.

8. Diskusijom je utvrđeno da se priđe što široj primjeni zaštite od dodirnog napona putem sistema nulovanja.

9. Projektanti bi trebali obavezno kod izrade idejnih projekata građevinskog dijela stambene zgrade voditi računa o razvodu instalacija elektrike.

10. S obzirom na česte zastoje i nesporazume pri izvođenju električnih instalacija, bilo da se to odnosi na subjektivno ili objektivno nedovoljno razrađene projekte, ili pak na razmimoilaženja u tumačenju odnosnih propisa, preporuča se obvezatno imenovanje i postavljanje nadzornog organa nad izvođenjem električnih instlacija.

11. U mrežama u kojima se zaštita od dodirnog napona sprovodi sistemom nulovanja, ili se na ovaj sistem namjerava prijeći, preporuča se, da nul-vodič i u kabelskim mrežama bude istog presjeka kao i fazni vodiči.

12. Preporuča se priključak bojlera vodom PGP, a preko prekidača sa oznakom »uključeno-isključeno« postavljenim do prekidača rasvjete kupaonice, na ulazu u prostoriju, dakle bez posebne utičnice.

13. Uza svu veću upotrebu električnih uređaja i aparata u kupaonici potrebno je pristupiti izmjeni propisa JUS, koji zabranjuje postavljanje »šuko-utikača«, time da se do krajnjih granica osigura ljudski život upotrebom pravilno uzemljenih aparata.

14. Iz prakse se pokazalo da je bezuvjetno potrebno proširiti Ured elektroenergetskog inspektorata povećavši broj službenika, koji bi se tada mogli specijalizirati za pojedine vrste električnih postrojenja.

15. Stavovi poduzeća za distribuciju električne energije i poduzeća PTT u pogledu kućnih priključaka i zaštitnih mjera ne smiju biti prepreka u primjeni tipskih projekata s teritorija jedne komune na drugu.

16. Projekte slabe struje u većim zgradama izrađivati odvojeno kao zasebni elaborat od projekata jake struje.

17. Pri izradbi projekata telefonskih instalacija, obavezno zatražiti mjesto koncentracije od nadležne organizacije PTT i strogo se pridržavati odredaba zajednice i PTT.

18. Nužno je pristupiti izvođenju centraliziranih automatskih uređaja. U tom smislu važeće odredbe treba da donesu narodni odbori općina. Propisi JUS treba da obrade što sve treba da sadrže antenski centralizirani uređaji.

19. Na svim instalacijama slabe struje naći i odrediti odgovarajuće mjesto, gdje će se postaviti shema razgranjenja određene instalacije (razvodni ormarići i tome slično) i da se u toj shemi unese sve promjene u toku korištenja.

20. Nastaviti koordinacijom rada pri projektiranju i izvođenju instalacija slabe struje i težiti da dođe do sličnog savjetovanja na nivou republike u toku 1963, te da se obuhvate specijalizirane instalacije, kao što su vatrojavni uređaji, zvučne telefonske centrale, uređaji za traženje osoba, razvodi razglasnih uređaja i dispozicija zvučnika, električni satovi, križanje vodova jake struje s vodovima slabe struje itd.

21. S ovim preporukama za rad na projektiranju i izvođenju električnih instalacija u stambenim zgradama potrebno je upozoriti nadležne organe u komunama, koji su ovlašteni donositi svoje unutrašnje propise u tom pogledu te republička društva preko kojih raditi na dopuni i izmjeni postojećih propisa JUS radi prilagođivanja stvarnim potrebama.

Donosimo ovaj prikaz, jer odnosna tematika zadire u djelatnost naših privrednih organizacija, naročito u poduzeća za distribuciju električne energije, a i sva ostala poduzeća iz grane 111, budući da obrađuje električne instalacije jake i slabe struje.

Odnosno savjetovanje održali su stručnjaci iz Dalmacije. Ne bi bilo na odmet kad bi se tim problemom pozabavili stručnjaci i s drugih naših terenskih područja, pa bi se možda našla još bolja i na širem području zajednička rješenja.

Antun Alajbeg

VIJESTI IZ PODUZEĆA, ZAJEDNICE I INSTITUTA

Nova transformatorska stanica 110/30 kV Međurić u pogonu

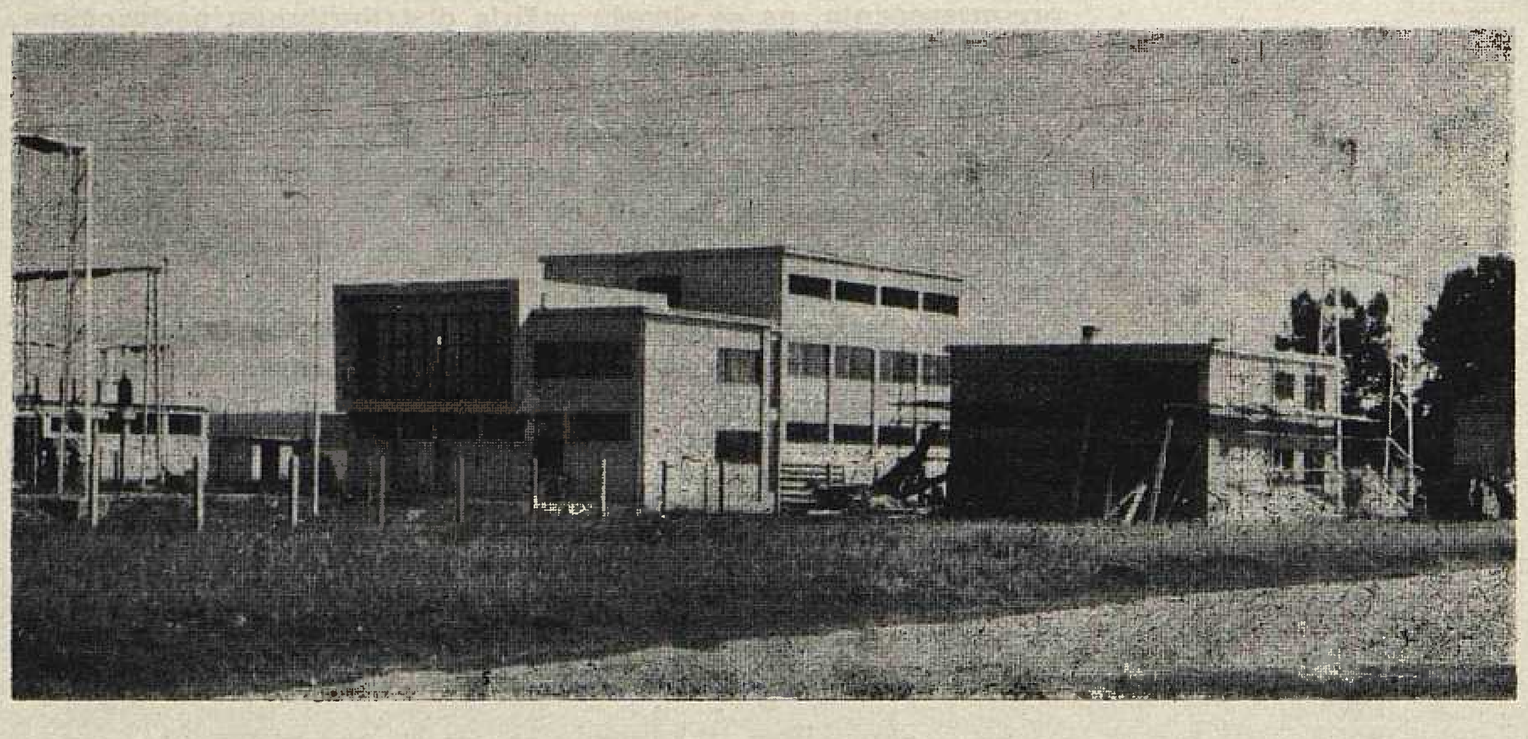
Nakon završenih svih montažnih radova transformatorska stanica 110/30 kV Međurić puštena je u redoviti pogon 25. kolovoza 1962. U 1. etapi izgradnje postavljen je jedan transformator snage 20 MVA, dok se u 2. etapi predviđa montaža još dva transformatora iste snage. Nova se stanica napaja preko postojećeg dalekovoda 110 kV Sisak–Međurić, a zadatak joj je da opskrbljuje električnom energijom TS 30/10 kV Međurić, Pakrac, Daruvar, Novska, Kutina, Nova Gradiška, Popovača, Križ, Ivanić Kloštar, te dalekovod »Naftaplina« za potrebe naftonosnog polja Šumečani. Uz glavne objekte izrađeni su i pomoćni, kao radionice, skladišta, garaža, vodovodna mreža, bunari i dr. Radovi na izgradnji stambene zgrade u završnoj su fazi.

Električnu opremu montirao je »Dalekovod«, Zagreb, a opremu je isporučila tvornica »Rade Končar«. Za izgradnju svih građevinskih objekata i nabavku opreme utrošeno je 295 milijuna dinara.

Projekte za transformatorsku stanicu 110/30 kV Međurić, koja je značajan energetski objekt u sjeveroistočnom dijelu Hrvatske, izradilo je zagrebačko poduzeće »Elektroprojekt«.

Pored napajanja navedenih pojnih tačaka iz stanice će se prenositi energija dalekovodom 110 kV Međurić–Virovitica, dužine oko 62 km, koji je u izgradnji, te se očekuje da će vjerojatno krajem 1962. ići u pokusni pogon. Izgradnjom toga dalekovoda stanica u Međuriću postaje izvor energije za opskrbu postojeće industrije i široke potrošnje u općinama Virovitica, Đurđevac, Pitomača, Voćin i Podravska Slatina.

I. R.



Rasklopno postrojenje i glavni građevni objekti TS 110/30 kV Međurić

Gradnja dalekovoda 35 kV Gojak - Plaški - Slunj

U kolovozu ove godine počela je izgradnja dalekovoda 35 kV Gojak–Plaški–Slunj, dužine 45,769 km. Zadatak dalekovoda je napajanje budućih TS 35/10 kV u Plaškom i Slunju. Ove transformatorske stanice izgradit će se radi poboljšanja opskrbe električnom energijom u tim područjima uopće, a napose postojećih industrijskih pogona, te onih koji će se osnovati u Slunju. Pored toga vod će biti i rezervni izvor električne energije za tvornicu sulfitne celuloze u Plaškom (u izgradnji), koja će imati svoju vlastitu energanu.

Početna tačka bit će HE Gojak gdje je već predviđeno izlazno polje za dalekovod Gojak–Plaški–Slunj. Vod će se izgraditi u dvije dionice, tako da bi se u prvoj energija transformirala u TS 35/10 kV Plaško, a u drugoj dionici Plaški–Slunj (dužine oko 18 km) u TS 35/10 kV Slunj.

Stupovi će biti željezni rešetkasti, s vodičima 3 × 120/21 mm² Alučel, sa zaštitnim užetom 1 × 35 mm² Če-120 kg/mm² i kapastim izolatorima K-170/280

Za građevne radove na obim dionicama (Gojak–Plaški i Plaški–Slunj) investirat će se oko 133 milijuna, a za montažu oko 31 milijun dinara. Projekte su izradili stručnjaci projektnog biroa zagrebačkog poduzeća »Dalekovod«, kojem je investitor, komunalno elektroprivredno poduzeće »Elektra« iz Karlovca, povjerilo cjelokupnu izgradnju. Željezne rešetkaste stupove i svu potrebnu električnu opremu isporučit će domaća poduzeća. U planu je predviđeno da se svi radovi na gradnji dalekovoda 35 kV Gojak–Plaški–Slunj završe do kraja ove godine.

I. R.

Poslovanje poduzeća za distribuciju električne energije »Elektra« Sisak

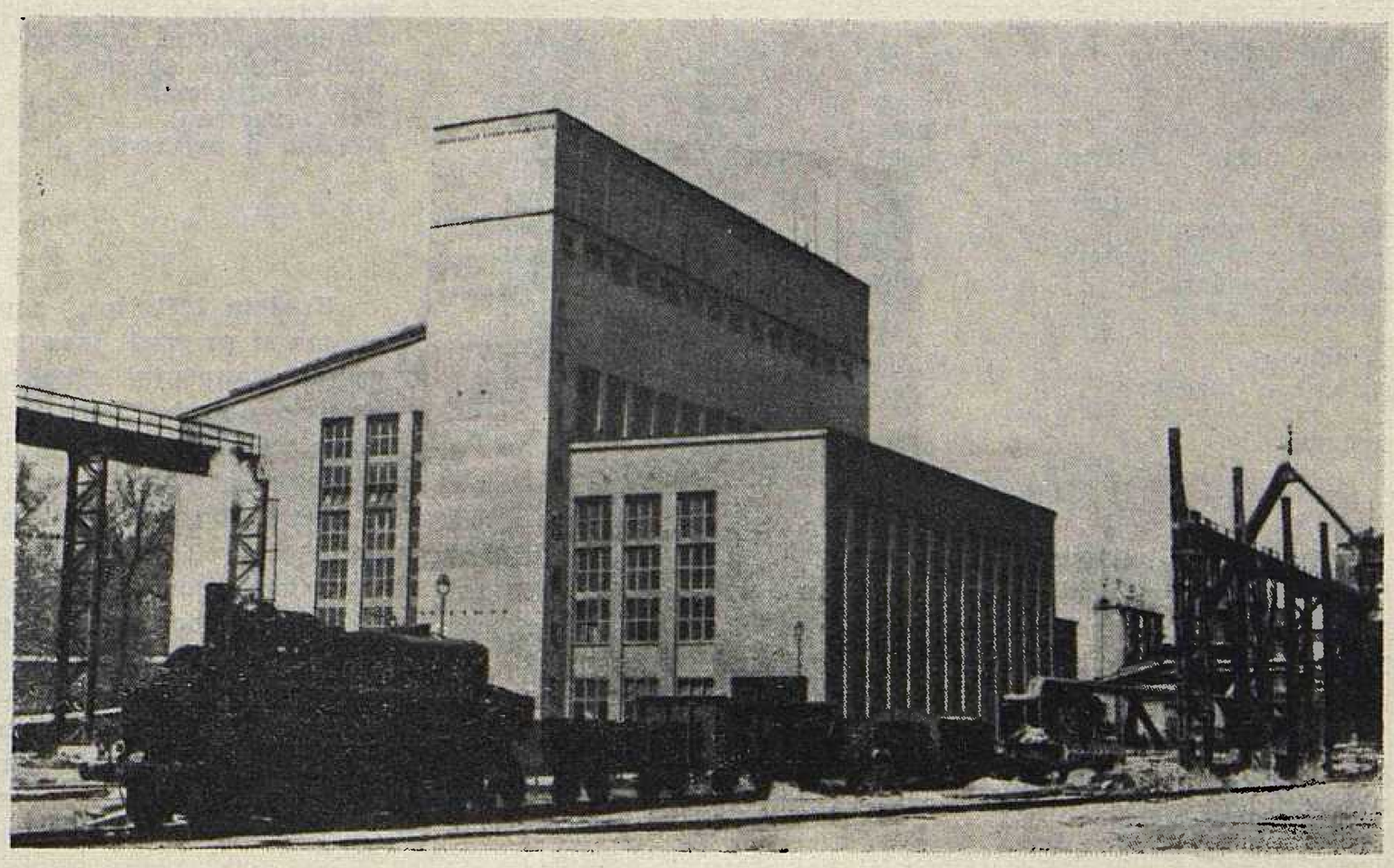
Poduzeće za distribuciju električne energije »Elektra« u Sisku radi kao samostalna privredna organizacija od 28. lipnja 1957. Do tog vremena ono je u sklopu »Elektre« iz Zagreba poslovalo kao zaseban pogonski okrug. Djelatnost poduzeća svodi se uglavnom na područje sisačkog kotara; glavni mu je zadatak da nabavlja i prodaje električnu energiju. Nadalje obavlja građevno-montažne radove u svrhu uzdržavanja i izgradnje električnih postrojenja. Sporedna grana su investiciona uzdržavanja osnovnih sredstava, investicije u vlastitoj režiji, autopark, te konačno obavljanje radova za druga lica.

Područje rada obuhvaća komune sisačkog kotara, ali radi lakšeg upravljanja i bržeg rješavanja tehničkih zadataka i uzdržavnja postrojenja organizirani su pogonski okruzi: Sisak, Petrinja, Dvor, Kostajnica, Martinska Ves, Sunja, Hrv. Dubica i Glina. Pogonskom okrugu Glina priključeni su rajoni područja Vrginmost i Topusko, koji teritorijalno pripadaju karlovačkom kotaru. Zadatak je pogonskih okruga tekuće uzdržavanje i popravci postojeće mreže niskog i visokog napona. U sisačkom pogonu organizirane su razne grupe za sporednu djelatnost: autopark, radionička grupa za investiciono uzdržavanje i izgradnju, te usluge za druge. Investiciono uzdržavanje električne mreže i transformatorskih stanica koje su osnovna sredstva poduzeća »Elektre« Sisak obavlja se prema detaljno razrađenim godišnjim planovima. Investicioni radovi u vlastitoj režiji financirani su dobrim dijelom vlastitim sredstvima i pojedinačnim zajmovima iz Republičkog investicionog fonda.

U toku prošle godine izrađena su dva dalekovoda 10 kV Glina – Pokupsko i Petrinja – Bjelnik, a u Sisku su spojeni kabelski vodovi 10 kV za postojeću transformatorsku stanicu. Radovi za druge obavljaju se prema narudžbama investitora. Tom djelatnošću obuhvaćena je izgradnja dalekovoda, transformatorskih stanica i niskonaponske mreže kabela do 10 kV, javna rasvjeta i drugo. Nadalje je izgrađeno više kilometara dalekovodne i niskonaponske mreže te veći broj transformatorskih stanica, mreža javne rasvjete i ostalo. Od tih je radova tek manji, slijedeći dio, u 1961. unesen u osnovna sredstva poduzeća:

Transformatorske stanice 10/0,4 kV	14 komada
Dalekovodi nadzemni do 10 kV	45,9 km
Kabeli do 10 kV	2,6 km
Niskonaponske mreže, nadzemne	35,25 km
Niskonaponska mreža, kabelska	3,80 km
Samostalne mreže javne rasvjete	1,07 km
Priključci	18,38 km

Ostali objekti izrađeni u 1961. bit će prema utvrđenom programu zaprimljeni u osnovna sredstva tokom 1962. Izgradnja svih ovih objekta u skladu je s planom razvoja elektrifikacije područja poduzeća »Elektra« Sisak i obuhvaćena planom elektrifikacije sisačkog kotara.



Termoelektrana željezare Sisak koja radi u elektroenergetskom sistemu Hrvatske

Osnovna sredstva poduzeća krajem 1961. bila su ova:

121,0 km dalekovoda 30 kV
372,9 km dalekovoda do 10 kV
2,0 km kabela 20 V
18,7 km kabela do 10 kV
437,4 km mreže niskog napona 220/380 V
15,7 km mreže niskog napona kabela
13,0 km mreže samostalne javne rasvjete
207,9 km priključaka
5 kom transformatorskih stanica 30/10 kV
136 kom transformatorskih stanica 3 do 10/0,4 kV.

Ova povećana osnovna sredstva koja su nastala produženjem mreže dalekovoda, te niskonaponskih vodova iziskuju pojačane napore na tehničkim pregledima i uzdržavanjima te zahtijevaju veći broj ljudi i kvalitetnije kadrove.

Distribucija električne energije

Od osnutka poduzeća »Elektra« Sisak nabava i prodaja električne energije potrošačima stalno raste. Potrošnja energije, broj potrošača i gubici izraženi u razdoblju od 1958–1961. prikazani su u narednoj tablici.

Godina	Broj potrošača	Potrošnja kWh	Gubici kWh
1958.	10.926	30.308.000	7,677.000
1959.	12.908	38.364.000	5.308.000
1960.	14.658	48.649.000	5,474.000
1961.	15.338	50.647.000	5,881.000

Plan distribucije u 1961. energije nije ostvaren u cijelosti jer industrijski velepotrošači nisu preuzeli planirane količine energije. No u prošloj godini su smanjeni gubici; od planiranih 11,9 %, ostvareno je 10,4 %, čime je uštedeno 857.000 kWh, odnosno 7,541.600 dinara. Ova se ušteda svakako osjetno pozitivno odrazuje i na konačnom financijskom poslovanju poduzeća.

U toku prošle godine također zabilježen je porast potrošača, naročito u područjima općine Dvor i Sunja gdje je elektrificirano nekoliko sela. U općinama Petrinja i Glina u planu je u ovoj godini elektrifikacija većeg broja seoskih naselja, budući da su glavne napojne tačke s dalekovoda već osigurane, a pojedina sela trebaju samo izgraditi niskonaponsku mrežu.

Struktura potrošača 1961. prikazana je u narednoj tablici:

Grupa potrošača	Broj potrošača	Potrošnja MWh	Realizacija 1000 dinara
Industrija	16	33.021	460.155
Melioracije	2	123	1.575
Vodovod	2	2.078	21.512
Kućanstvo	13.500	8.185	71.337
Rasvj. poslov. prostor.	1.024	1.644	44.358
Rasvj. društv. prostor.	207	308	7.011
Motori i aparati	426	2.706	64.985
Poljoprivredni motori	30	340	5.401
Javna rasvjeta	127	1.571	9.816
Preprodavaoci	4	671	5.367
Ukupno	15.338	50.647	691.577
Gubici u mreži		5.881	
Nabava		56.528	

Preko distributivne mreže »Elektre« Sisak opskrbljuje se energijom 20 velepotrošača na području poduzeća. U toj grupi najjači su konzumenti: Željezara i Rafinerija Sisak, Tvornica »Gavrilović« Petrinja, Tekstilna industrija Glina, zatim više postrojenja drvne industrije i građevinskog materijala, poljoprivredna dobra i zadružne ekonomije i dr. Među najjače potrošače spada Željezara Sisak koja se jednim dijelom snabdijeva iz vlastite termoelektrane, a drugim preko distribucije.

Snabdijevanje električnom energijom

Distributivno područje sisačkog kotara snabdijeva se električnom energijom iz transformatorske stanice 110/30 kV i to preko dalekovoda 110 kV Mraclin– Sisak i izravnog dalekovoda 110 kV Jajce – Sisak. Prošle godine pušten je u pogon i dalekovod 110 kV Sisak – Međurić koji se također napaja iz transformatorske stanice 110/30 kV Sisak.

Stari dalekovod 30 kV Zagreb – Sisak služi kao rezerva. Postojao je prijedlog da se ovaj vod demontira ali konačno je odlučeno da do daljnjega služi kao rezerva za eventualnu nadopunu u koliko bi došlo do kvarova na mreži 110 kV.

U sastavu poduzeća u pogonu je 5 transformatorskih stanica 30/10 kV i to: Sisak I, Sisak II, Sunja, Petrinja i Glina. Pored toga pojedine industrije imaju svoje vlastite transformatorske stanice 30/10 kV (Željezara, Rafinerija i dr.). Budući da je konzum i broj potrošača u stalnom porastu, to današnja snaga transformatorske stanice 110/30 kV u Sisku s jednim transformatorom snage 20 MVA nije siguran i dovoljan izvor električne energije. Zato je odlučeno da se montira drugi transformator iste snage. Montažni radovi već su u toku i transformator će vjerojatno ove godine ići u pogon.

Izgrađeni dalekovodi 10 kV Glina – Pokuplje i Petrinja – Bjelnik predstavljaju značajan uspjeh u elektrifikaciji tih područja. Time su dane nove mogućnosti za elektrifikaciju i ako se elektrificira izvjestan broj sela, trebat će u tome dijelu područja osnovati zaseban pogonski okrug.

Poduzeće je izradilo plan proširenja elektrifikacije pojedinih komuna kotara Sisak. Prednost je dana izgradnji transformatorskih stanica 30/10 kV u Dvoru i Kostajnici, i dalekovodu 30 kV Dvor – Bos. Novi, te Sunja – Kostajnica. Planirana izgradnja navedenih dalekovoda i transformatorskih stanica omogućit će i stvoriti povoljnije uslove proširenja industrije u tom kraju. Time se također ostvaruje i bolje snabdijevanje električnom energijom već postojećih potrošača, jer su dalekovodi 10 kV, preko kojih se to područje danas snabdijeva, preopterećeni.

U planu je da se prošire pomoćne radionice pri pojedinim pogonskim okruzima i da im se osigura odgovarajuća oprema i alat.

Stanje kadrova i stambena izgradnja

Broj zaposlenih u poduzeću kreće se u prosjeku od 148 do 160 radnika. Struktura zaposlenih prema podacima iz 1961. prikazana je u narednoj tablici.

Stručna sprema	Ukupno	Od toga	
		radnika	službenika
Visokokvalificirani	9	7	2
Kvalificirani i srednja struč. sprema	75	61	14
Niža stručna sprema	16	—	16
Polukvalificirani	6	6	—
Nekvalificirani	13	13	—
Učenici u privredi	29		
Ukupno	148	87	32

Krajem 1961. broj zaposlenih radnika i službenika s učenicima u privredi iznosio je 148. Stanje kadrova i stručnjaka prema današnjoj strukturi ne može u cijelosti zadovoljiti stvarne potrebe kolektiva. Velike teškoće predstavlja osiguranje visokokvalificiranih i kvalificiranih stručnjaka. Ulažu se veliki napori i materijalna sredstva na rješavanju uzdizanja stručnog kadra. Tečajevima u suradnji s Radničkim sveučilištem i Kotarskom zanatskom komorom nastoji se polukvalificiranim radnicima omogućiti prekvalificiranje u kvalificirane. Poduzeće stipendira studente i polaznike srednjih stručnih škola i usko će surađivati s novoosnovanim Centrom za izobrazbu kadrova u elektroprivredi u Zagrebu, koji je osnovala Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Nadalje poduzeće plaća školovanje pojedinim službenicima za doškolovanje kao i monterima za stjecanje visokokvalificirane stručnosti.

Higijensko-tehničke zaštitne mjere primjenjuje se ispravno. Svi radnici imaju zaštitna sredstva koja primaju na temelju Pravilnika HTZ, što ga je odobrio Radnički savjet 22. svibnja 1960. Zahvaljujući pravilnoj primjeni higijensko-tehničke zaštite broj nesreća u poduzeću »Elektra« Sisak se smanjuje.

Izgradnju stambeno-poslovne zgrade značajan je uspjeh poduzeća. Veći dio vlastitih sredstava angažiran je na izgradnji tog objekta u čijem se poslovnom dijelu nalaze kancelarije i tehničkog sektora, dvorana za društvene priredbe, zatim radionice, skladišta i garaže bez kojih je znatno otežan rad i solidna organizacija poslovanja. Drugi dio poslovne zgrade koristit će se za stanove. U sastavu centralne radionice osnovat će se bravarska i elektroinstalaterska radionica, zatim radionica za uzdržavanje i popravak voznog parka te skladišta elektrotehničkog materijala i drugog alata. Svi radionički pogoni bit će opremljeni suvremenom opremom i uređajima. Za gradnju ovog velikog objekta utrošit će se oko 110 milijuna dinara. Glavni radovi bit će vjerojatno završeni krajem 1962.

Izgradnjom nove zgrade današnje upravne prostorije osposobit će se za izgradnju 12 stanova. U programu je izgradnja po 3 jednosobna, dvosobna i trosobna stana, te dvije garsonijere i jedna veća samačka soba. Poduzeće ima u programu da nastavi rješavanje stambenog problema svojih radnika. Izgradit će se stanovi u pogonskim okruzima, gdje danas situacija nije najpovoljnija, jer ima svega 5 takvih stanova.

Društveni život članova kolektiva »Elektre« odvija se u krugu Sindikalne podružnice, kao i u zajedničkim nastupima u drugim sindikalnim podružnicama na svim političko-društvenim manifestacijama i sportskim priredbama. Tokom godine organizirani su česti izleti članova sindikalne podružnice, a financijska sredstva osiguravaju organi radničkog upravljanja »Elektre«. Sportski aktiv učestvuje redovito u Radničkim sportskim igrama kotara Sisak i članovi »Elektre« u sportskim su natjecanjima postizali dobre rezultate naročito u stolnom tenisu, nogometu i kuglanju. Izgradnjom vlastitog doma predviđena je i posebna dvorana za društvene priredbe.

I. R.

»Elektrosond« radi i na inozemnim objektima

»Elektrosond« iz Zagreba je poduzeće za istraživanje i konsolidaciju terena. Osnovano je 1947. pa ove godine slavi 15-godišnjicu svog uspješnog rada. U toku ovih 15 godina »Elektrosond« je obavljao istražne i konsolidacione radove kod izgradnje svih velikih hidroelektrana u našoj zemlji a i kod drugih objekata naše kapitalne izgradnje. U toku ove svoje aktivnosti poduzeće je podiglo i osposobilo kvalitetni kadar te proširilo svoja sredstva rada tako da se nakon osam godina moglo nadmetati i na inozemnom tržištu s velikim specijaliziranim poduzećima za geološke prospekcije, melioracije, konsolidacije terena te istraživačke i projektantske radove pri izgradnji hidroenergetskih objekata. Uspjeh je u toliko veći, što u našoj zemlji prije rata gotovo i nije bilo stručnjaka, a niti iskustava za ovu složenu granu tehnike.

Prvih godina istupanja na inozemno tržište poduzeće je vodilo bitku za svoju afirmaciju i povjerenje inostranih investitora. To nije bilo lako, jer se na inozemnom tržištu nadmeću poznata specijalizirana poduzeća s dugogodišnjom stručnom i poslovnom reputacijom. Naš je »Elektrosond« međutim imao dobru školu pri kapitalnoj izgradnji naše elektroenergetike s dobro položenim ispitom, pa su mu ove reference koristile i na inozemnim tržištima. On može danas s ponosom gledati na uspješno obavljene radove u Siriji, Libanonu, Jordanu, Sudanu, UAR-i, Indiji, Iranu, Etiopiji, Grčkoj i Zapadnoj Njemačkoj za koje je u mnogo slučajeva dobio odlične i pohvalne pismene ocjene.

Tek opis obavljenih radova u pojedinim zemljama može dati pravu ocjenu poslovanja. Ti radovi su slijedeći:

Sirija. Injektiranje dovodnog tunela dužine 2500 metara za centralu Souk Wadi Barada. Istraga na azbestnom području Kessab. Geološke istrage na profilima brana: Mahardah, Rastan, Amourin i Acharne. Geomehanička bušenja na moru kod izgradnje luke Lataki. Geomehanička bušenja za silose u Lataki.

Libanon. Razni radovi na izgradnji hidroenergetskog sistema »Litani« kao: injektiranje probnih polja za branu Karaoun, geološka bušenja (cca 7000 metara) na lokalitetu brane Karaoun, centrala Markhabi, tlačni cjevovod i centrala Awali, zatim izrada prijedloga za rad na probnim poljima brane Karaoun te izrada geološke podloge za definitivno određivanje osi zavjese na desnom dijelu brane Karaoun. Niz preliminarnih istraživanja u vezi eksploatacije željeznih ruda u Ain Aar. Bušenje bunara za američku ambasadu i poduzeće Boutros u Beyrouthu. Izvedba bunara za pitku vodu i irigaciju u području Bekka. Geomehanička i geološka bušenja za projekt Nahr Abu Ali u Tripoliju. Geološka bušenja u irigacione svrhe na rijeci El Barrek. Geološka bušenja kod izgradnje luke Tripoli i keja za kompaniju Shell. Hidrološke studije velikih područja oko Laklouk i Metn. Injektiranje, fugiranje i torkretiranje dovodnog tunela EL Hab (dužine 2027 metara) za dobivanje pitke vode grada Tripolija. U pripremi su i radovi hidrogeološkog značaja za Nabu El Assai.

Jordan. Niz preliminarnih istraživanja za eksploataciju željezne i bakrene rude.

Sudan. Istraživanja u Fodikwanu u vezi željezne rude.

UAR. Obrada prijedloga za sanaciju stare brane Aswan.

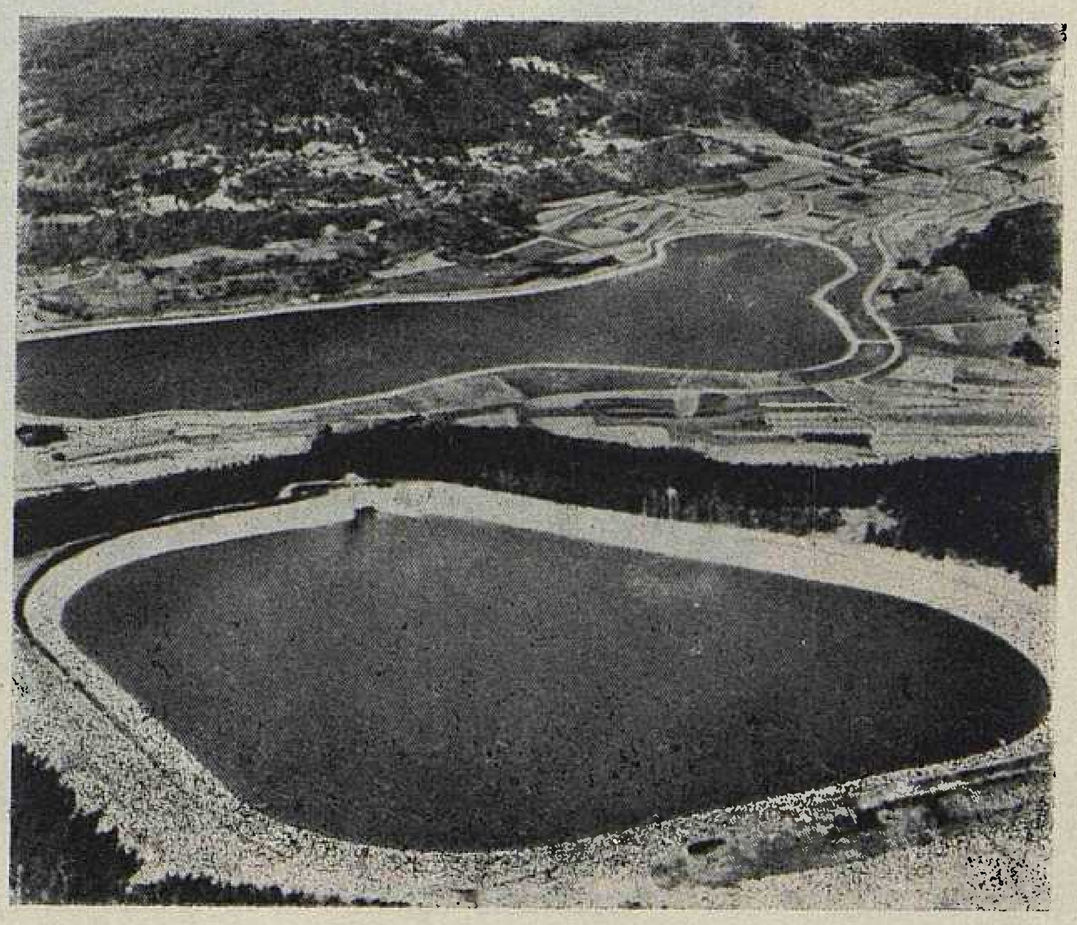
Tekući radovi su slijedeći:

Indija. Izrada 200 bunara za navodnjavanje u pokrajini Zapadni Bengal.

Iran. Torketiranje cestovnih tunela na objektu Advei Pahlevi.

Etiopija. Nadzor nad građevinskim radovima na cestama i tunelima u Hetis Abbai – Bakidar.

Savezna Republika Njemačka. Konsolidacioni radovi na umjetnim jezerima crpnog postrojenja u Happurgu 30 km daleko od Nürnberga. Pumpna stanica u Happurgu ima dva umjetna jezera. Visinska razlika nivoa je 200 metara. Gor-



Akumulaciona jezera termo-hidroelektrane u Happurgu kod Nürnberga u Saveznoj Republici Njemačkoj koja injektira poduzeće »Elektrosond«

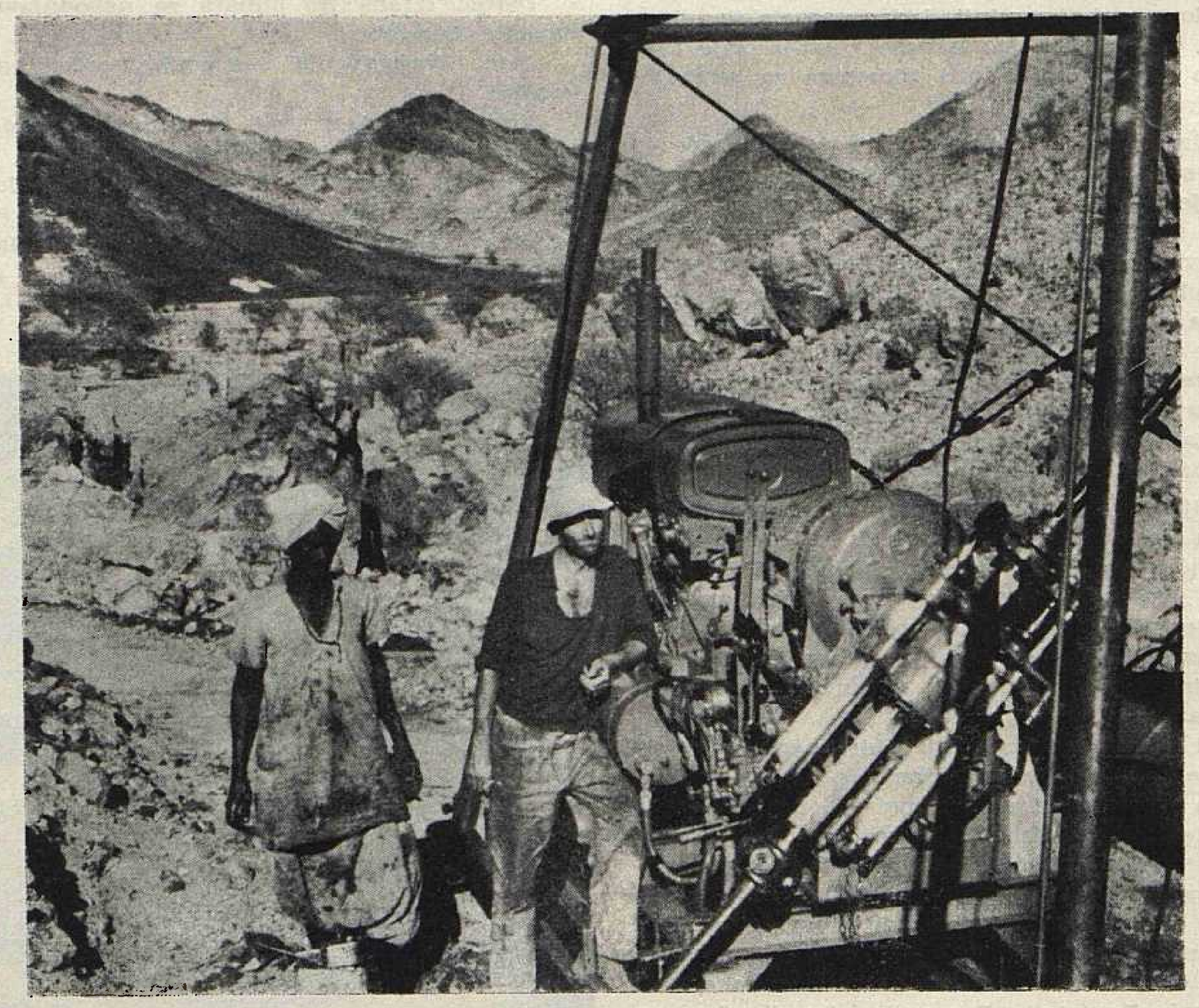
nje jezero se snabdijeva iz donjeg pomoću pumpa. U toku dvogodišnjeg pogona pokazalo se da je gornje jezero u prilično lošem stanju. Uslijed pogrešaka u projektiranju voda je počela prodirati kroz korito i nasip. Cijelo dno jezera je ugroženo. Za ovaj su se slučaj zainteresirali kako stručni krugovi tako i upravni forumi Savezne Republike Njemačke, jer je gubitak vode umjetnih jezera prešao dozvoljene granice. Budući da su pomicanja osnove objekta veoma slična onima koja se dešavaju na kršu, »Grosskraftwerk – Franken AG« iz Nürnberga povjerio je ovaj posao »Elektrosondu«, kao poduzeću s bogatim iskustvom u radu na kraškim terenima. »Elektrosond« je izradio program rekonstrukcije koji predviđa ispravke pogrešaka projektiranja, uslijed kojih je došlo do prodiranja vode, geoelektrična mjerenja kako bi se dobili podaci o nastalim poniranjima i pukotinama te popravke oštećenih mjesta. Prva faza posla uspješno je završena prošle godine, pa je u ožujku 1962. potpisan ugovor za drugu fazu.

Grčka. Istražna bušenja i injekcioni radovi u Distomonu i Domokosu.

O uspjehu i kvaliteti obavljenih radova najbolje govore reference koje je »Elektrosond« primio od svojih naručilaca. Tako je na primjer Ministarstvo javnih radova i komunikacija Sirije, u vezi radova na projektu brane El-Ghab, navelo između ostalog i ovo: »... Poduzeće je završilo radove koji se sastoje od pokusnih pritisaka u bunarima u svrhu dobivanja stepena vodopropusnosti s preciznošću koja dokazuje visoko tehničko iskustvo u ovoj domeni. Osim toga, ono je završilo radove prije roka predviđenog ugovorom.« U vezi radova u Libanonu, predstavnik francuske grupe za proučavanje i nadzor radova »Litani«, Henri Maziol, izjavljuje ovo: »... Ovi radovi izvedeni su na naše potpuno zadovoljstvo a obračun nije davao povoda nikakvim osporavanjima.« Zatim u vezi izvođenja probnih polja nepropusne zavjese na brani Karaoun za račun investitora, »Office National du Litani«, Jacques Gorain pomoćnik direktora francuske grupe za proučavanje i nadzor radova »Litani« ističe ovo: »... Radovi su izvedeni prema svim pravilima vještine i na naše potpuno zadovoljstvo, predviđeni rokovi su ispunjeni, propisi nisu prouzrokovali poteškoće, a odnosi poduzeća kako s nama tako i s investitorom bili su uvijek odlični.« U svojoj referenci o obavljenim radovima na injektiranju u rudniku Domokos u Grčkoj, poduzeće »Union Minière SA« navodi slijedeće: »Union Minière zaključio je s Udruženjem Geotehniki ugovor za injekcione radove u novom oknu Domokos, čija je konstrukcija još u toku. Ovaj rad je povjeren poduzeću »Elektrosond«. Izgradnja spomenutog okna, koje je trebalo dostići krajnju dubinu od 300 metara postajala je svakim danom teža uslijed povećanih vodenih masa, koje su prodirale u okno. Rad se konačno na dubini od 72 metra morao obustaviti, jer je bušenje postalo nemoguće. Količina vode porasla je na 156 lit/min. Poduzeću »Elektrosond« uspjelo je, međutim, da injekcijama iza obloge okna ovo u tolikoj mjeri osuši da je količina vode smanjena na 2,8 lit/min. Ovime su omogućeni normalni uvjeti i nastavak radova na dnu okna. Potpisani konstatira da su radovi izvršeni na apsolutno zadovoljavajući način i da postignuti rezultat predstavlja vrlo značajan dokaz visoke kvalitete tehnike poduzeća »Elektrosond«.

Na temelju ovih uspjeha i stečene reputacije, poduzeća sve više proširuje svoju djelatnost na inozemnom tržištu. Obradi stranog tržišta posvećuje se velika pažnja. Tako je sklopljen i ugovor o zastupništvu u Tunisu. U toku je sklapanje poslova u Tunisu, Libiji i Alžiru. Velike mogućnosti pružaju poduzeću radovi na afričkom kontinetu, a isto tako i u zemljama Bliskog i Srednjeg Istoka. »Elektrosond« je i član »Ingre«, poslovnog udruženja za projektiranje, izgradnju i prodaju energetskih i industrijskih postrojenja i opreme, u Zagrebu.

Ing. Franjo Meštrović



Gradilište »Elektrosonda« Fodikwan u Sudanu. Bušenje na željeznu rudaču

Novi radovi »Elektroprojekta« u Etiopiji

Zagrebačko poduzeće »Elektroprojekt« već nekoliko godina preko poslovne zajednice »Ingra« samostalno i u suradnji s drugim poduzećima izvelo je više tehničkih projekata i ispitivanja u stranim državama. Do sada najznačajniji radovi izvršeni su u Burmi na projektiranju triju hidroelektrana i melioracija područja od oko 7.000 hektara. Nadalje izrađeni su razni projekti i izvršena ispitivanja u Libanonu, Etiopiji i UAR.

Koncem kolovoza o. g. sklopio je projektni biro »Elektroprojekta« u Addis Ababi, ugovor s etiopskim ministarstvom za javne radove i saobraćaj za izradu glavnog projekta vodovoda u području Alemmaya – Harrar.

Prošle godine poduzeće je s istim ministarstvom potpisalo ugovor za preliminarni izvještaj o mogućnostima opskrbe vodom toga područja (Alemmaya Lake, Upper Lake i Harrar). Izvještaj je zadovoljio zahtjeve, što je dotično ministarstvo potvrdilo »Elektroprojektu« pismeno.

Prema novom ugovoru »Elektroprojekt« će obaviti detaljne studije Alemmaya Lake i Upper Lake, sva potrebna mjerenja i snimanja terena, kompletni glavni projekt, savjetodavne poslove, dok će se o direktnom nadzoru dogovoriti kasnije. Pored toga ovim je ugovorom predviđena izrada preliminarne studije vodovodne mreže za sam grad Harrar, na osnovu koje će se naknadno ugovoriti i izrada glavnog projekta.

Ovo nisu prvi poslovi »Elektroprojekta« s etiopskim interesentima, jer je to projektno poduzeće za njih već radilo studije o ekonomskom korištenju velikih područja, i projekte za hidroelektrane (Adola, Tiss Abai) čije gradnje nadzire.

Nadalje izrađeni su projekti ispitivanja irigacije farmi, te projekti za žičare i ceste, razna geodetska snimanja itd., a u izgledu su i daljnji poslovi.

I. R.

Suvremena mehanizacija za poduzeće »Dalekovod«

Kod izgradnje dalekovoda 220 kV Split–Mraclin (Zagreb) investitori, poduzeća »Elektroprenos« iz Zagreba i Splita, nabavili su, zbog ubrzanja radova, specijalnu mehanizaciju i vozila, koja su dana na korištenje izvađaču izgradnje, poduzeću »Dalekovod«.

Imajući u vidu daljnju izgradnju dalekovoda visokog napona, prvenstveno mreže napona 110 i 220 kV, »Dalekovod« je zatražio da se posuđena mehanizacija i vozila prenesu besplatno u njegova osnovna sredstva, što su investitori i prihvatili. Time je »Dalekovod« dobio nove suvremene uredaje, koji se sastoje od četiri kamiona, mehanizacije za razvlačenje užeta u snopu, hidraulične preše i raznog alata, u ukupnoj vrijednosti od oko 54 milijuna dinara.

Pored toga »Dalekovod« je nabavio još jednu kompletnu mehanizaciju za razvlačenje užeta u snopu, pa s tako povećanom mehanizacijom može znatno ubrzati radove na izgradnji visokonaponskih dalekovoda.

I. R.

Radovi iz sredstava amortizacije i plana investicionog uzdržavanja za 1962. u »Elektroprenosu«

Radovi iz sredstava amortizacije za 1962. poduzeća »Elektroprenos« iz Zagreba dobrim dijelom uspješno su realizirani, a neki su u toku izvedbe. Glavni dio programa odnosi se na izvođenje raznih građevinskih rekonstrukcija, na zamjene dotrajale opreme i montaže, te nabavku instrumenata, uređaja za pogonsku sigurnost i visokofrekventnih veza u više energetskih postrojenja. Ove je godine iz sredstava amortizacije odobreno oko 158,7 milijuna dinara za navedene izvedbe i nabavke.

Važniji radovi i nabavke opreme izvršeni su na slijedećim objektima:

U toku su radovi na proširenju TS 30/10 kV Buje. Za građevinske radove, te domaću i uvoznu opremu, i montažu investirano je oko 52 milijuna dinara. Za sve pogone pristupilo se nabavci rezervnih dijelova i razne opreme pogonske sigurnosti.

Za TS 110/35 kV Pula nabavljen je rezervoar za komprimirani zrak 1 m³, 28 atmosfera. Iz uvoza osigurana su tri komada distantnih releja BBC za transformatorske stanice Brod, Brijest i Nedeljanec. U TS Brod i Brijest montirana su dva lokalizatora.

Između TS 110/35 Senj i TS 110/35 kV Lički Osik postavljena je VF veza, za pojedine transformatorske stanice nabavljeni su razni instrumenti, te relejski prenosnici za VF veze TS Raša – TS Pula, TS Rakitje – TS Jertovec i TE Jertovec – TS Nedeljanec.

Iz fonda amortizacije 1962. uloženo je 40 milijuna dinara za dovršenje poslovne zgrade poduzeća u Ulici proleterskih brigada.

U ovoj su godini nastavljeni radovi koji se financiraju iz sredstava amortizacije iz prošlih godina, a najvećim dijelom iz 1961. Prijenos sredstava amortizacije iz ranijih godina, koji će se utrošiti u 1962, iznosi oko 100,5 milijuna dinara. Od ove svote glavni dio otpada na izmjenu rastavljača u transformatorskim stanicama Rakitje i Nedeljanec, dok je oko 20 milijuna dinara utrošeno za nabavu rezervne opreme pogonske sigurnosti, prvenstveno sklopki »Rade Končar«. Izmijenjeni su zaštitni uređaji u transformatorskim stanicama Matulji, Raša, Rakitje i HE Vinodol. Postavljen je VF kondenzator za vezu TS 110/30 kV Međurić–Sl. Brod, a u toku je nabavka instrumenata za uzdržavanje VF uređaja i ispravljača.

Osim radova iz sredstava amortizacije prema usvojenom programu u 1962. utrošit će iznos od oko 160 milijuna dinara za investiciono uzdržavanje u pojedinim prijenosnim postrojenjima i pogonima. Prema planu najveći dio odobrenih investicija ulaže se na popravak uzemljenja i izmjenu prigušivača, zatim ličenje i zamjenu stupova, zamjenu dotrajale opreme i instrumenata kod većeg broja dalekovoda i transformatorskih stanica koji su u sastavu poduzeća »Elektroprenos«.

U pogonima »Zagreb«, »Istra« i »Slavonija« revidirane su sklopke 30, 50 i 110 kV, akumulatorske baterije, kompresori i dr. U svim TS poduzete su mjere za reviziju zaštitnih uredaja i kontrolirani su mjerni uređaji. Nadalje su u svim pogonima ispitani i zamijenjeni katodni odvodnici, strujni transformatori i ostali aparati. U tu svrhu plan je predvidio investicije u visini od oko 23 milijuna dinara.

I. R.

Elektroprivreda Engleske i Walesa

»Electricity Council«, vrhovno tijelo za elektroprivredu u Engleskoj izdaje svake godine godišnji izvještaj i bilancu za period od 1. IV do 31. III (budžetska godina Velike Britanije).

U ovom prikazu izneseni podaci odnose se na godinu 1960/1961, kada je prodano 103,23 TWh*, za oko 11 % više nego prethodne godine. Proizvedeno je 111,41 TWh, oko 10,8 % više nego prethodne godine. Ako se od proizvedene energije odbije vlastita potrošnja i gubici u mreži. dobije se prodana energija od 103,23 TWh; od toga otpada 0,341 TWh na Škotsku. dok je 3,784 TWh prodano direktno potrošačima, a ostalih 99,108 TWh preuzelo je dvanaest područnih distributivnih poduzeća (Aerea Electricity Boards).

Najveće vršno opterećenje bilo je 13. decembra 1960. u večernjim satima i iznosilo je 24,46 GW, za 5,9 % više nego prethodne godine, dok je instalirana snaga elektrana iznosila 28,52 GW. Faktor opterećenja iznosio je 49,4 %. dok je prethodne godine iznosio 46,9%.

Potrošeno je 48,1 milijuna tona ugljena i koksa, te 5,3 milijuna tona nafte, što je ekvivalent od 58,1 milijuna tona ugljena. U usporeñenju s prethodnom godinom povećanje iznosi 11,4 %. Pretpostavlja se, da će se 1970. utrošiti ekvivalent od 100 milijuna tona ugljena. Srednja kalorična vrijednost ugljena iznosila je 5700 kcal/kg i bila je za 1,7 % manja nego prethodne godine.

Instalirana snaga termoelektrana bila je 1961. godine 27,07 GW, za 6 % veća nego prethodne godine. Elektrana je bilo 230, a od ukupne energije 20,8 % proizvedeno je u elektranama od 80 do 100 MW, 39 % u elektranama od 160 do 320 MW i 31,6 % u elektranama sa više od 320 MW. Ostatak od 8,6% proizvele su male elektrane. U 1962. predviđeno je stavljanje u pogon kapaciteta od 275 MW, a postepeno do 1965. godine 500 MW.

Preuzete su dvije jedinice po 200 MW s natkritičnim pritiskom, kod kojih pojna voda prelazi neposredno u pregrijanu paru, a da ne kuha, a pritisak pare iznosi 245 kg/cm^2, kod 594^0 C. Naručeno je daljnjih osam turbogeneratora od 500 MW s jednom osovinom. Još su naručene 4 jedinice po 350 MW i osam jedinica po 500 MW, sve jedinice s jednom osovinom. Osim toga naručene su i 2 jedinice po 375 MW s natkritičnim pritiskom.

U izvještaju o proizvodnji se spominju dobra iskustva koja su stečena s uzbuñenjem pomoću ispravljača. U buduće će svi veliki generatori s uzbudnicima izmjenične struje s pogonom s glavne osovine biti opremljeni silikonskim ispravljačima, zrakom hlañenima, i regulatorima napona s magnetskim pojačalima.

Ispitivanja se vrše s plinskom turbinom od 15 MW za pokrivanje vršnih opterećenja.

Zbog zastarjelosti i neekonomičnosti stavljeni su izvan pogona toplinski strojevi sa snagom od 184 MW.

U pogonu su bili dalekovodi dužine 12 100 km, tj. za 7,2 % više nego prethodne godine. U mreži su bili instalirani transformatori ukupne snage 48,29 GVA, tj. za 17 % više nego prethodne godine. Broj podstanica povećao se za 45 i iznosio je 484.

Ukupno je investirano 196,2 milijuna funti, a cjelokupni investirani kapital iznosio je nakon otpisa 1370 milijuna funti.

Proizvodni troškovi kWh proizvedenog u parnim elektranama porasli su u promatranoj godini od 0,6021 na 0,6093 penca. Zbog uvoñenja poboljšanja u proizvodnji opao je specifični potrošak topline za 1 %.

Da se zadovolji potrebna snaga, koja se predviña nakon 1965, superponirana mreža (Super Grid) – sada u pogonu s naponom od 275 kV – izolirat će se za prijenosni napon od 380 kV, a time će se povećati prijenosni kapacitet za oko 50 %. U buduće opremit će se planirani dalekovodi isključivo snopom od 4 vodiča.

U atomskim elektranama Berkeley i Bradwell u promatranoj godini uglavnom je dovršen po jedan reaktor, dok je u atomskim elektranama Hinkley Port i Trawsfynydd postignut zadovoljavajući napredak. Dobro su napredovali radovi na postavljanju drugog reaktora u Berkeley, Bradwell i Hinkley Port. Naručena je oprema za atomsku elektranu snage 550 MW u Dungeness i za elektranu snage 580 MW u Sizewell. Raspisana je licitacija za elektranu snage 600 MW u Oldbury. U izvještaju se naglašava da je kod projektiranja atomskih elektrana postignut znatan napredak, tako da je udvostručena specifična snaga atomskih elektrana.

U promatranoj godini zaračunate su područnim distributivnim poduzećima za 3,5 % povećane osnovne uplate (povećanje od 142 na 147 šilinga) i povećane radne cijene (0,42 penca/kWh prema 0,41 u prethodnoj godini).

Poslovna godina proizvoñača električne energije (Generating Board) završena je neznatnim deficitom od 1,508 milijuna funti, što je 0,4 % od ukupnih prihoda od 425,2 milijuna funti. Interesantno je obrazloženje deficita nastalog kod toplinske proizvodnje: neočekivano velika potreba električne energije uzrokovala je stavljanje u pogon zastarjelih, neekonomičnih elektrana. U prethodnoj godini iznosili su prihodi 380 milijuna funti, a čisti dobitak 5,4 milijuna funti.

Područna distributivna poduzeća imala su vrlo različite potrebe za električnom energijom. Tako je Jugozapadno poduzeće trebalo 3,65 GWh, dok je područje Yorkshire trebalo 10,5 GWh. Ukupno je otkupljeno 99,466 GWh. Srednja kupovna cijena jednog kWh varirala je izmeñu 1,115 i 1,89 penca.

– ft –

* TWh – milijarda kilovatsati

Indonezija gradi hidroelektranu snage 120 MW. Uz tehničku pomoć SSSR Indonezija gradi tzv. Asahan kompleks: hidroelektranu Sigura-Gura snage 120 MW na rijeci Asahan, prijenosni vod 165 km i tvornicu aluminija. Planove i opremu za ovu najveću hidroelektranu Indonezije isporučit će SSSR. Njenom električnom energijom snabdijevat će se i Medan, jedan od najvećih gradova Sumatre. Bogate naslage boksita za tvornicu aluminija otkrivene su na otocima arhipelaga Rijau. Izgradnjom Asahan kompleksa Indonezija će se osloboditi uvoza aluminija.

Integracijom ugljenokopa BiH i osavremenjivanjem eksploatacije, snizit će se troškovi proizvodnje. Godišnja proizvodnja ugljenokopa srednjebosanskog bazena [Breza, Kakanj, Zenica] iznosi preko 2,5 milijuna tona. Glavni potrošači ovog ugljena su željezare u Zenici, Varešu i Ilijašu zatim termoelektrane u Čatićima i Zenici i neka druga manja poduzeća na ovom području. Rezultati geoloških istraživanja pokazuju da se na području od Sarajeva, pa dolinom Bosne do Zenice nalaze bogate rezerve kvalitetnog mrkog ugljena. Kako postoje realni izgledi da se u Sarajevu podignu veća toplana i postrojenja za briketiranje ugljena, planira se i povećanje proizvodnje, koja bi nakon uvođenja suvremenijih metoda eksploatacije dostigla oko 5 milijuna tona godišnje.

Blizina i zajednički problemi proizvodnje i plasmana ugljena naveli su ove ugljenokope na razmatranje pitanja udruživanja u jedno veliko ugljenokopno poduzeće. Prve analize pokazuju da će ova integracija omogućiti racionalnije korištenje postrojenja i stručne radne snage te optimum investicija, što će pozitivno utjecati na povećanje proizvodnje i sniženje troškova poslovanja.

SAD gradi agregat od 900 MW. »Tennessee Valley Authority« planira gradnju termičke jedinice od 900 MW. Predviđa se da će ova do sada najveća jedinica ući u pogon krajem 1964.

Švedska. Državni zavod za vodoprivredu Švedske izradio je studiju o potrebnim investicijama za proširenje švedske elektroprivrede u razdoblju od 1960. do 1970. Godišnji porast potrošnje električne energije ocijenjen je sa 6,5 %. Prema tome, potrošnja električne energije se udvostručuje za 11 do 12 godina. Godišnja potrošnja Švedske će, prema tim predviđanjima, porasti od 32,2 TWh u 1960. na 57,0 TWh u 1970. Od ove će količine 55,7 TWh proizvesti hidroelektrane.

Plan godišnjih investicija za period od 1960. do 1970. predviđa ove potrebe u milijunima švedskih kruna (1 SAD $ = = 5,173210 Š kr = 750 Din).

	U rasponu	Prosjek
Hidroelektrane	297 — 529	403
Regulacija jezera	72 — 110	87
Termoelektrane	61 — 253	110
Atomske elektrane	17 — 85	52
Toplane	9 — 77	37
Dalekovodi iznad 200 kV	50 — 70	64
Transformat. stanice iznad 200 kV	18 — 30	23
Mreža 50 — 130 kV	53 — 65	62
Distribucija	200 — 296	249
U k u p n o	911 — 1235	1087

Prema tome, od godišnjih investicija švedske elektroprivrede otpada 63 % na elektrane, 14 % na postrojenja prijenosa i 23 % na postrojenja distribucije električne energije.

Ova studija obrađuje i plan potrebne radne snage. Za izgradnju elektrana i prijenosnih postrojenja treba 9.500 do 12.000 radnika i oko 1.800 službenika.

Velika Britanija. U okviru britanskog plana atomske energetike zaključena je izgradnja osme i devete atomske elektrane. Jednu od ovih sa snagom od 560 MW gradi Nuclear Power Group kod Oldbury upon Severn [Gloucestershire]. Gradilište Oldbury je svega nekoliko kilometara udaljeno od već poznate atomske elektrane u gradnji Berkeley, čiji će prvi reaktor biti, predvidivo, stavljen u pogon u toku ove godine i snabdijevati javnu mrežu električnom energijom. Druga atomska elektrana s dva reaktora i predvidivom snagom od 800 MW locirana je kod Wylfa u Sjevernom Walesu. Izgradnju prvog reaktora ove elektrane — koji bi trebao biti stavljen u pogon 1967 — preuzet će United Power Company. Izgradnju drugog reaktora izvodit će English Electric-Babcock & Wilcox--Taylor Woodrow Atomic Power Group. Ovaj reaktor bi trebao ući u pogon 1968.

Austrija. Iskoristive energetske rezerve Austrije, procijenjene su danom 1. januara 1961. ovako:

ugljen	206,000	10^6 t
nafta	34,908	10^6 t
zemni plin	23,080	10^9 Nm^3
vodne snage	12.200 MW = 43.000 GWh/god.	

Od iskoristivog hidroenergetskog potencijala izgrađeno je 26 %. Od toga su 2/3. protočne, a 1/3 akumulacione hidroelektrane.

Francuska. »Zelenu tarifu« Electricité de France, sastavljenu na principu teorije graničnih troškova, primjenjuje već 30 % isporučilaca električne energije. Granični troškovi elektroprivrede ne obuhvaćaju samo pogonske već i investicione troškove, dakle i troškove proširene reprodukcije elektroprivrede.

Velika Britanija. Poslovni izvještaj »Central Electricity Generating Board« za 1960/61 [pet regionalnih organizacija za proizvodnju i prijenos električne energije] iskazuje manjak realizacije proizvodnje, iako su temeljna i radna cijena bile povišene za 3,5 % [temeljna od 142 na 147 šilinga, a radna od 0,41 na 0,42 penca po kilovatsatu]. Zbog nepredviđenog porasta potrošnje električne energije u pogon su stavljane i starije neekonomične termoelektrane, čime su povećani planirani troškovi.

Francuska. U razdoblju između 1962. i 1965. Electricité de France će staviti u pogon 14 termo-jedinica po 250 MW.

Italija. Italija izgrađuje termoelektranu na Sardiniji u cilju iskorištenja tamošnjih nalazišta mrkog ugljena. Termoelektrana će kabelom istosmjerne struje biti spojena s kopnom.

Francuska, Nizozemska i Italija. Ove zemlje će ograničiti upotrebu zemnog plina [metana], kako bi svoje nacionalne rezerve sačuvale za primjenu u kemijskoj industriji.

Švicarska. Prvi švicarski dalekovod napona 380 kV bit će stavljen u pogon 1963.

Svjetska energetska konferencija. Svjetska energetska konferencija održala je oktobra 1962. svoj VI Kongres u Melbournu [Australija]. Glavna tema VI Kongresa: »Promjene u primjeni nosilaca energije« [The Changing Pattern of Power].

Austrija. U Velmu, malom mjestu kod Grammatneusidla, otkriven je 26. XI 1961. spomenik prof. dr Viktoru *Kaplanu*. Prva Kaplanova turbina od 26 KS snabdijevala je električnom energijom Velm i njegovu tekstilanu. Ova turbina je sada eksponat Tehničkog muzeja u Beču.

Francuska. Hidrotehničko društvo Francuske [SHF = Societé Hydrotechnique de France] osnovano 1912. u Grenoblu, održalo je juna 1962. svoje VII savjetovanje o hidraulici.

DF

Th. Bödefeld, H. Sequenz: *Elektrische maschinen. Eine Einfürung in die Grundlagen.* — Šesto, prerađeno i prošireno izdanje; 16 × 24 cm, 681 strana, 880 slika. Izdavač Springer-Verlag, Wien, 1962.

Ovaj poznati udžbenik o električnim strojevima iz pera dvaju profesora Tehničke visoke škole u Beču dobro je poznat i našoj stručnoj javnosti počam od svog prvog izdanja iz 1941. Mnogim našim stručnjacima, naročito onima koji su studirali u vremenskom rasponu od uoči rata do prvih poratnih godina, to je djelo služilo kao prva literatura i putokaz u studiju električnih strojeva.

O vrijednosti djela dovoljno govori činjenica, da je u roku od dvadeset godina doživjelo šest izdanja, što je rijedak slučaj u tehničkoj literaturi za djela te vrsti. Takav uspjeh ono prvenstveno zahvaljuje bogatstvu sadržaja i lagano shvatljivom načinu obrade, koji ga čini pristupačnim širokom krugu elektrotehničkih stručnjaka, od studenta do inženjera i tehničara u praksi.

Najnovije, šesto izdanje znatno se razlikuje od ranijih, iako je u osnovi ostalo vjerno prvoj koncepciji, tj. da obradi fizikalne i tehničke osnove električnih strojeva, ne ulazeći suviše u probleme njihova proračuna i konstrukcije. Razlika prema ranijim izdanjima sastoji se u tome, što je pri ponovnoj obradi uzet u obzir sav golemi napredak na području električnih strojeva u proteklih dvadeset godina, s najnovijim tendencijama daljnjeg razvoja. To je dovelo do znatnog povećanja opsega djela, ali je za uzvrat dobiven suvremeni udžbenik osnova električnih strojeva.

U sadašnjem izdanju djelo obuhvaća devet poglavlja sa slijedećim sadržajem:

Uvod. Osnovni zakoni magnetskog polja. Električno polje. Zakon indukcije. Pretvorba energije u željezu. Trajni magnetizam. Pravila o predznacima kod izmjeničnih struja. Rasipanje u električnim strojevima i transformatorima.

Transformator. Građa transformatora. Pogonska svojstva jednofaznih transformatora. Trofazni transformatori. Struja magnetiziranja i strujni udar pri uklapanju transformatora. Naročite izvedbe transformatora.

Općenito o rotacionim strojevima. Namotaji izmjenične struje. Jednoslojni namotaji. Dvoslojni namotaji. Smanjenje vrtložnih struja u namotajima. Magnetska polja u električnim strojevima. Strujni oblog, magnetomotorna sila i uzbudna krivulja. Nadvalovi. Proizvodnja napona u električnim strojevima. Namotni faktor. Induktiviteti. Zakretni momenat, specifična zakretna sila i »jednadžba snage«. Konstruktivno oblikovanje i pogon rotacionih strojeva.

Asinhroni stroj. Građa i način djelovanja. Pogonska svojstva višefaznih asinhronih strojeva. Nadvalovi. Pokretanje asinhronih motora. Udešavanje brzine vrtnje trofaznog asinhronog motora. Kočni spojevi trofaznih asinhronih motora. Električna osovina. Asinhroni generator. Zakretni transformatori. Jednofazni asinhroni motor. Motor s međurotorom. Asinhroni stroj kao pretvarač. Sinhroni stroj. Građa. Sinhroni stroj s cilindričnim rotorom. Osobitost stroja s istaknutim polovima. Sinhroni generator u paralelnom radu. Nesimetrična opterećenja. Teorija sinhronog stroja. Njihanje sinhronog stroja. Jednadžbe prijelaznih pojava. Jednofazni sinhroni stroj. Naročite izvedbe sinhronih strojeva.

Istosmjerni strojevi. Građa i način djelovanja. Istosmjerni namoti armatura. Inducirani napon i napon na stezaljkama, strujni oblog, zakretni moment. Protudjelovanje armature. Komutacija. Istosmjerni generator. Istosmjerni motori. Naročite izvedbe istosmjernih strojeva.

Rotacioni pretvarači. Mehanički pretvarač. Motor-generatori. Jednoarmaturni pretvarač. Kaskadni pretvarač.

Kolektorski strojevi izmjenične struje. Kaskadni spojevi asinhronih strojeva sa kolektorskim strojevima. Suština kaskadnih spojeva. Istosmjerne kaskade. Stražnji strojevi za kaskade izmjenične struje. Pravila za regulaciju jalove snage, regulaciju brzine vrtnje i regulaciju snage.

Na kraju knjige dane su preračunske tablice, prikaz historijskog razvoja električnih strojeva te bogati popis literature za daljnji studij pojedinih poglavlja.

Vjerujemo da će i ovo izdanje »Bödefeld – Sequenza« pobuditi interes naših stručnih krugova te ga toplo preporučamo.

V. Štengl

H. Franken: *Motorschutz, Überströme — Übertemperaturen.* 16 × 24 cm, 299 strana, 138 slika. Izdavač Springer-Verlag, Berlin, 1962.

Motorska zaštita je drugo djelo istog autora, koje se bavi problemima zaštitnih uređaja za električne motore. Dok su u ranijoj knjizi *Sklopnici i upravljanje sklopnicima* (izd. 1959) obrađeni opći problemi konstrukcije i rada sklopnika, u ovoj su knjizi obrađeni isključivo oni problemi koji su svojstveni motorskim zaštitnim sklopkama. To su u prvom redu pitanja svrsishodne konstrukcije i građe termičkih okidača i releja.

U okviru te problematike široko je i detaljno obrađen proces zagrijavanja kako samih trošila koja se zaštićuju, tako i zaštitnih uređaja. Tu su detaljnije opisani odnosi zaštite prema zbivanjima u mreži, pa je tako posebna pažnja posvećena ponašanju trofaznog motora pri nesimetrijama u mreži. Uz kontrolu struja u priključku motora detaljno je obrađena i kontrola temperature namotaja u motoru.

Obuhvaćena problematika podijeljena je u knjizi na slijedeća poglavlja:

Definicija problema. Razvojne osnove. Opasnosti koje prijete motorima. Stanje zaštitne tehnike prije uvođenja zaštitnih sklopki. Osnovna rješenja i metode zaštite.

Zaštita kontrolom struja u priključku motora. Osnovni pojmovi i zahtjevi propisa VDE. Principi građe zaštitnih uređaja. Karakteristike okidanja. Dodaci motorskim zaštitnim uređajima. Ponašanje zaštitnih elemenata. Primjena u naročitim slučajevima. Motorski zaštitni okidači i releji i glavni zaštitni uređaji. Baždarenje i ispitivanje motorskih zaštitnih okidača i releja.

Zaštita s elementima za kontrolu temperature u motoru.

Zaštita kontrolom struje u dovodu i temperature u motoru.

Zaštita iznalaženjem strujnih i naponskih razlika u dovodu motora.

Daljnja zaštitna sredstva.

Na kraju knjige naveden je opsežan popis specijalističke literature o problemima motorske zaštite.

Iako je *Motorska zaštita* izrazito specijalističko djelo, u njemu će naći mnogo vrijednog materijala, kako projektanti i konstruktori zaštitnih sklopki, tako i projektanti motorskih instalacija. Upotrebi tog djela mnogo će doprinjeti vrlo interesantan i pristupačan stil kojim je pisana.

V. Štengl

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE SRPANJ I KOLOVOZ 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9. 1961.	78132	39827	244	19676	109	—	78485	59503	66923	— 2444	— 1507	200960
10. 1961.	102605	31949	740	22180	133	—	103478	54129	69343	— 5730	— 3351	217869
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	47720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150175	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44413	23802	— 8265	249459
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
3. 1962.	243194	11750	1860	16015	—	—	245054	27765	—12797	4485	— 7043	257464
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	—	—	223334	18421	—14215	1524	— 2526	226538
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	—	—	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	—	—	90362	33494	84848	9863	— 2474	216093
7. 1962.	83384	16278	782	13924	—	—	84166	30202	95756	1400	— 2438	209086
8. 1962.	119138	20028	230	14759	—	—	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
Ukupno 1—6. 1962.	1258726	109994	10853	115515	36	—	1269615	225509	327658	38129	— 32798	1828113

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje % [2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	78,9	875	3286	84690	—	34,8	152,0	1,4	6,0	—	—
		Gojak	48,0	11287	1009	147589	114,1	46,5	153,2	30,0	3,0	—	—
		Ozalj	5,1	1667	155	16888	161,1	16,5	120,2	37,0	3,5	—	—
		Kraljevac	67,0	1871	378	86767	7,1	1,0	33,5	3,8	0,7	—	—
		Peruća	42,0	9435	15703	83491	89,5	106,1	91,7	31,3	52,0	—	—
		Split	108,0	50691	93611	710199	—	—	—	32,7	81,1	—	—
		Manojlovac	20,5	5250	3838	84226	87,7	89,2	115,0	29,0	21,5	—	—
		Jaruga	5,5	1658	995	24275	66,3	64,3	94,5	41,2	24,8	—	—
	TE	Zagreb	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Jertovec	36,0	14571	18979	104154	85,5	95,1	81,6	49,2	64,1	4152	4125
		Vlaška	8,0	1330	615	2502	37,1	14,1	19,2	25,5	11,8	4822	4732
		Rijeka	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1241	1533	11589	81,8	102,7	91,6	9,6	11,9	. . .	. . .
		Sladorana, Županja	3,6	—	—	380	—	—	49,7	—	—	—	—
		Jug. komb., Borovo	6,0	372	2000	14057	78,7	107,4	101,1	8,3	44,8	. . .	. . .
		Željezara, Sisak	5,5	3726	3638	25558	97,2	96,0	95,8	91,0	88,6	. . .	. . .

[1] Indeks u ovoj tablici kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1961 = 100
[2] Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

Elementi energetske bilance	Srpanj		Kolovoz		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	99662	43,1	139166	50,6	1368720	65,0	116,0	162,0	175,8
Proizvodnja industrijskih elektrana	14706	6,4	14989	5,5	126368	6,0	98,2	85,4	92,9
Proizvodnja lokalnih elektrana	—	—	—	—	36	0,0	—	—	1,5
Ukupna proizvodnja na generatoru	114368	49,5	154155	56,1	1495124	71,0	113,1	127,3	163,0
Nabava el. en. od susjed. zajednica	117103	50,5	120495	43,9	611313	29 0	88,9	112,8	65,9
Nabava el. en. iz inozemstva	—	—	—	—	672	0,0	—	—	357,4
Ukupno raspoloživa električna energija	231498	100,0	274650	100,0	2107109	100,0	99,4	120,3	114,2
Vlast. potr. elektrana u sistemu	3108	1,3	3371	1,2	24409	1,2	77,3	90,9	99,9
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1470	0,6	1499	0,6	12640	0,6	97,0	84,9	91,2
Ukupno raspolož. na pragu elek.	226920	98,1	269780	98,2	2070060	98,2	99,9	121,1	114,6
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(486)	(0,2)	(510)	(0,2)	(4742)	(0,2)	(85,6)	(133,8)	(83,7)
(Prag elektrana u sistemu)	(214170)	(92,6)	(256800)	(93,5)	(1961077)	(93,0)	(100,0)	(124,0)	(116,3)
Gubici prijenosa u sistemu	15906	6,9	14286	5,2	103390	4,9	164,1	108,9	112,2
Gubici razrade u sistemu	18059	7,8	31240	11,4	151296	7,2	117,2	107,5	118,6
Gubici razvoda lokalnih elektrana	—	—	—	—	4	0,0	—	—	1,6
Ukupna predaja el. en. potrošačima	192955	83,4	224254	81,6	1815370	86,1	95,3	124,3	114,5
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	19974	8,6	51997	18,9	245527	11,6	63,7	171,9	145,9
Predano inozemstvu	2438	1,1	5905	2,2	33470	1,6	87,6	12051,0	68,0
Industrijska vlastita opskrba	12750	5,5	12980	4,7	108991	5,2	98,7	84,4	93,3
Lokalna opskrba	—	—	—	—	28	0,0	—	—	1,4
Potrošači u sistemu	157793	68,2	153372	55,8	1427354	67,7	101,8	114,1	114,2
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % Ukupna predaja potrošačima u sistemu									
Kućanstva (domaćinstva)	39239	24,8	30452	19,9	340850	23,9	108,4	128,2	123,1
Rasvjeta poslov. prostorija	4229	2,7	4160	2,7	50875	3,6	115,8	111,4	122,1
Rasvjeta društv. prostorija	935	0,6	719	0,5	10785	0,8	133,7	124,8	122,7
Motori i aparati	6393	4,1	6227	4,1	56727	4,0	110,3	100,3	113,1
Poljoprivredni motori	500	0,3	663	0,4	4707	0,3	65,2	79,2	81,5
Javna rasvjeta	2254	1,4	2522	1,6	23055	1,6	111,9	112.9	115,9
Preprodavaoci	731	0,5	748	0,5	7624	0,5	83,1	82,6	89,2
Ukupna potrošnja na malo	54281	34,4	45491	29,7	494623	34,7	108,7	119,0	120,2
Vodovod	5380	3,4	6249	4,1	38396	2,7	115,3	141,5	116,2
Gradska električna vuča	1773	1,1	1823	1,2	15786	1,1	99,1	102,6	110,7
Ukupna komunalna velepotrošnja	7153	4,5	8072	5,3	54182	3,8	110,7	130,4	114,5
Ugljenokopi	5583	3,5	5975	3,9	51972	3,6	94,5	95,8	99,1
Tvornice cementa	8892	5,6	9331	6,1	70961	5,0	110,6	113,2	108,7
Ostala opća velepotrošnja	40778	25,9	46230	30,1	374167	26,2	117,6	107,3	117,9
kod elektrokemije	(811)	(0,5)	(1028)	(0,6)	(8818)	(0,6)	(82,7)	(116,2)	(108,0)
kod elektrometalurgije	(1592)	(1,0)	(1773)	(1,1)	(14692)	(1,0)	(104,5)	(110,0)	(108,9)
kod ostalih	(38375)	(24,4)	(43429)	(28,4)	(350657)	(24,6)	(119,1)	(117,1)	(118,6)
Ukupno ostala velepotrošnja	55253	35,0	61536	40,1	497100	34,8	113,6	113,5	114,3
Karbid	5862	3,7	2050	1,3	88607	6,2	44,6	171,0	97,0
Aluminij	16448	10,4	16830	11,0	127737	8,9	120,2	117,0	119,9
Ostala elektrokemija	3092	2,0	3718	2,4	27303	1,9	89,6	107,8	101,6
(Ukupno elektrokemija)	(25402)	(16,1)	(22598)	(14,7)	(243647)	(17,0)	83,8	(118,8)	(108,4
Ferolegure el. metalurgije	8583	5,5	8902	5,8	87260	6,2	66,1	84,0	107,4
Elektrotoplina	3033	1,9	3156	2,0	23128	1,6	97,1	109,7	93,5
Željezničk a električ. vuča	3879	2,5	3497	2,3	24830	1,8	120,0	111,5	103,6
Melioracije	209	0,1	120	0,1	2584	0,1	164,5	68,0	205,0
Ukupna specijalna velepotrošnja	41106	26,1	38273	24,9	381449	26,7	82,7	106,8	107,2

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		BiH		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	7. 1962.	776	476	300	83	16	67	122	209	81	58	74	30	6	29	1
	8. 1962.	806	455	351	119	20	67	137	186	105	42	82	33	6	8	1
Indeks na bazi	7. 1961.	114	112	117	144	58	146	138	104	152	106	87	57	569	203	65
	8. 1961.	116	131	100	165	64	170	124	131	91	86	95	76	123	2795	89

Proizvodnja ugljena za mjesece srpanj i kolovoz 1962.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio Ing. Franjo Sapač

	Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Srpanj	Kolovoz	Od početka godine	Srpanj	Kolovoz	Od početka godine
	a	1	2	3	4	5	6
	Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	59970	68480	538710	100,2	102,8	99,9
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	5628	5545	45846	100,3	96,1	95,9
	Rudnik Pregrada	5731	6657	45616	121,5	133,7	116,6
	Ostali	4730	5454	37407	139,1	122,1	113,7
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	13918	15343	115577	105,9	100,3	97,2
	Dalmacija: Rudnik Siverić	10223	11336	80537	112,6	108,6	105,1
	Ostali	775	780	5307	88,5	87,8	96,0
	Ostala područja	2809	2787	24548	78,2	67,9	75,5
	Ukupno mrki	43814	47902	354838	108,4	104,3	100,4
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen.	30628	34279	255558	101,7	103,2	97,1
	Konjščinski ugljenokopi	15985	17232	153864	62,5	54,1	71 2
	Stubički ugljenokopi	6501	6699	69740	144,0	75,5	91,5
	Ostali	1778	2578	16463	81,2	122,8	97,8
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	5545	6485	55763	78,2	70,6	85,1
	Križevački ugljenokopi	2497	2788	21196	84,1	93,1	75,4
	Ostali	4937	6315	46090	72,1	86,2	79,2
	Ostala područja	642	447	6389	183,4	40,7	95,4
	Ukupno lignit	68513	76823	625063	86,0	79,5	85,5
	Ukupno sve vrste ugljena	172297	193205	1518611	95,8	92,4	93,5

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	7. 1962.	1923	86	700	1137	562	172	400	765	1,0	23,0	94	1,3
	8. 1962.	2211	99	786	1326	649	193	493	845	0,9	29,5	93	1,4
Indeks na bazi	7. 1961.	105	91	98	112	110	96	105	104	83	94	102	100
	8. 1961.	105	95	94	113	110	92	110	101	69	110	99	107

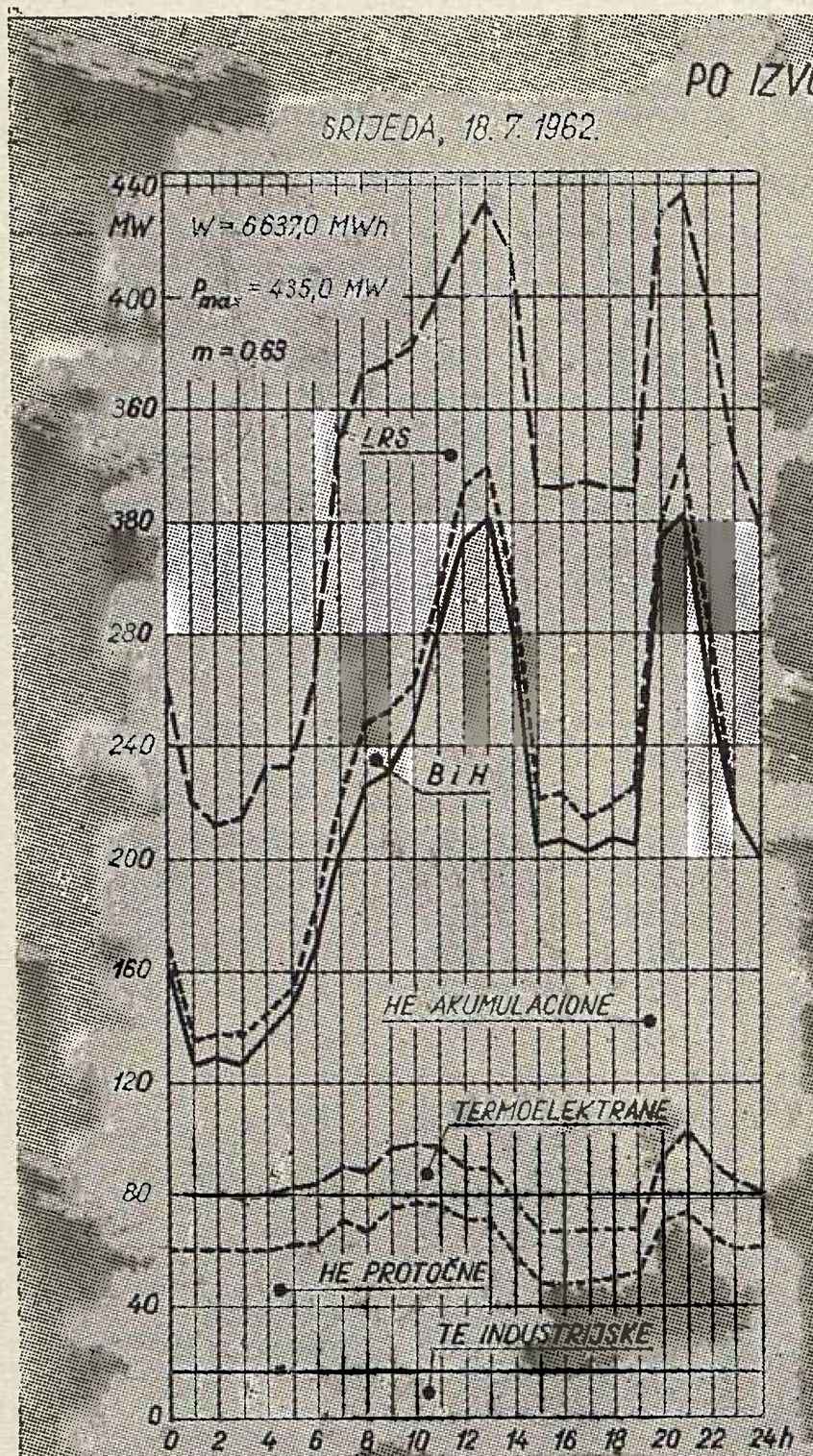
Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

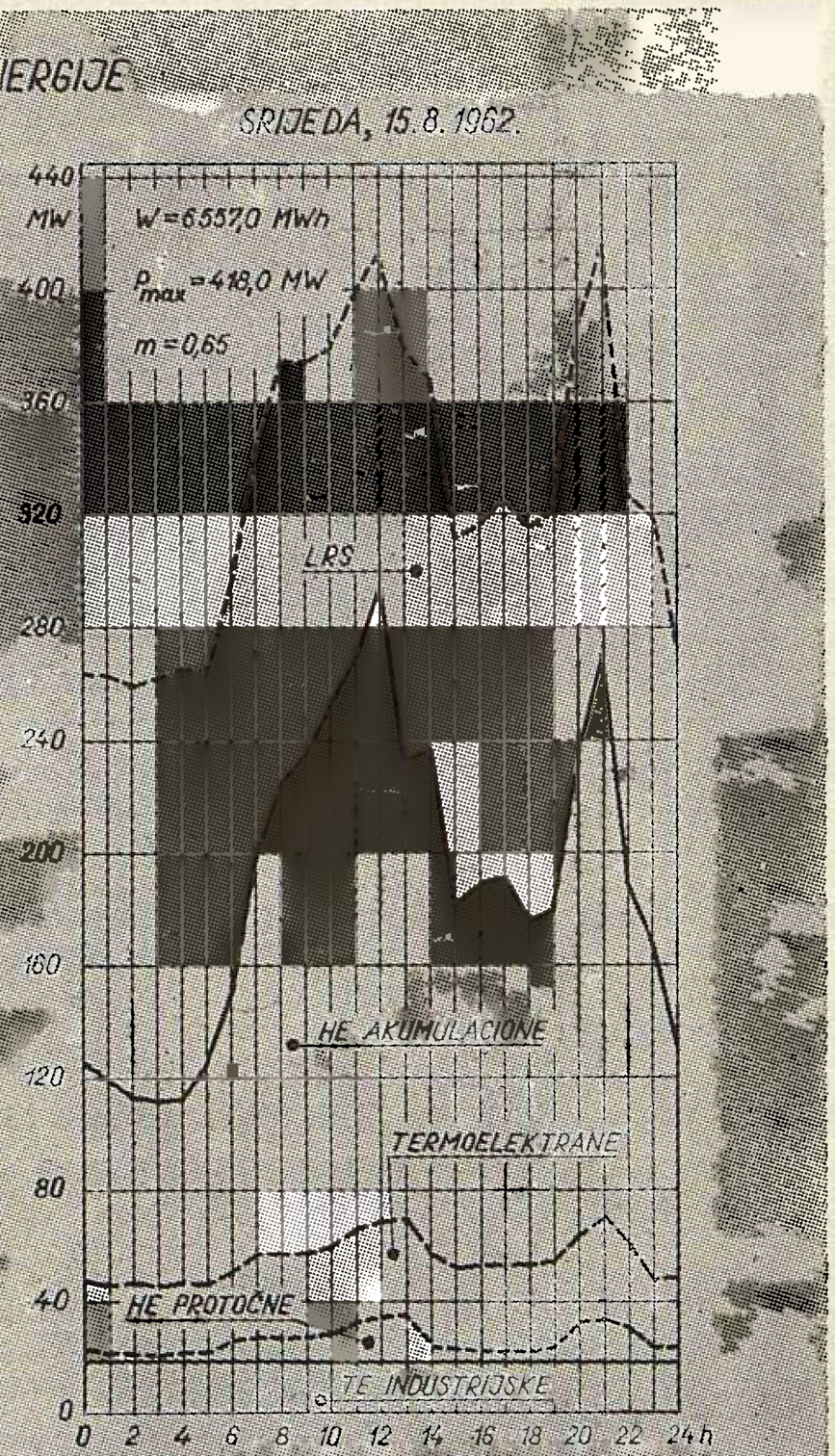
Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m^3	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	7. 1962.	137113	5590	135930	26866	568	6547	47475	5263	201
	8. 1962.	135103	5483	145111	23456	926	8335	46377	10029	317
Indeks na bazi	7. 1961.	113	129	106	101	111	116	112	111	49
	8. 1961.	113	125	114	93	90	135	113	112	87

Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece srpanj i kolovoz 1962.

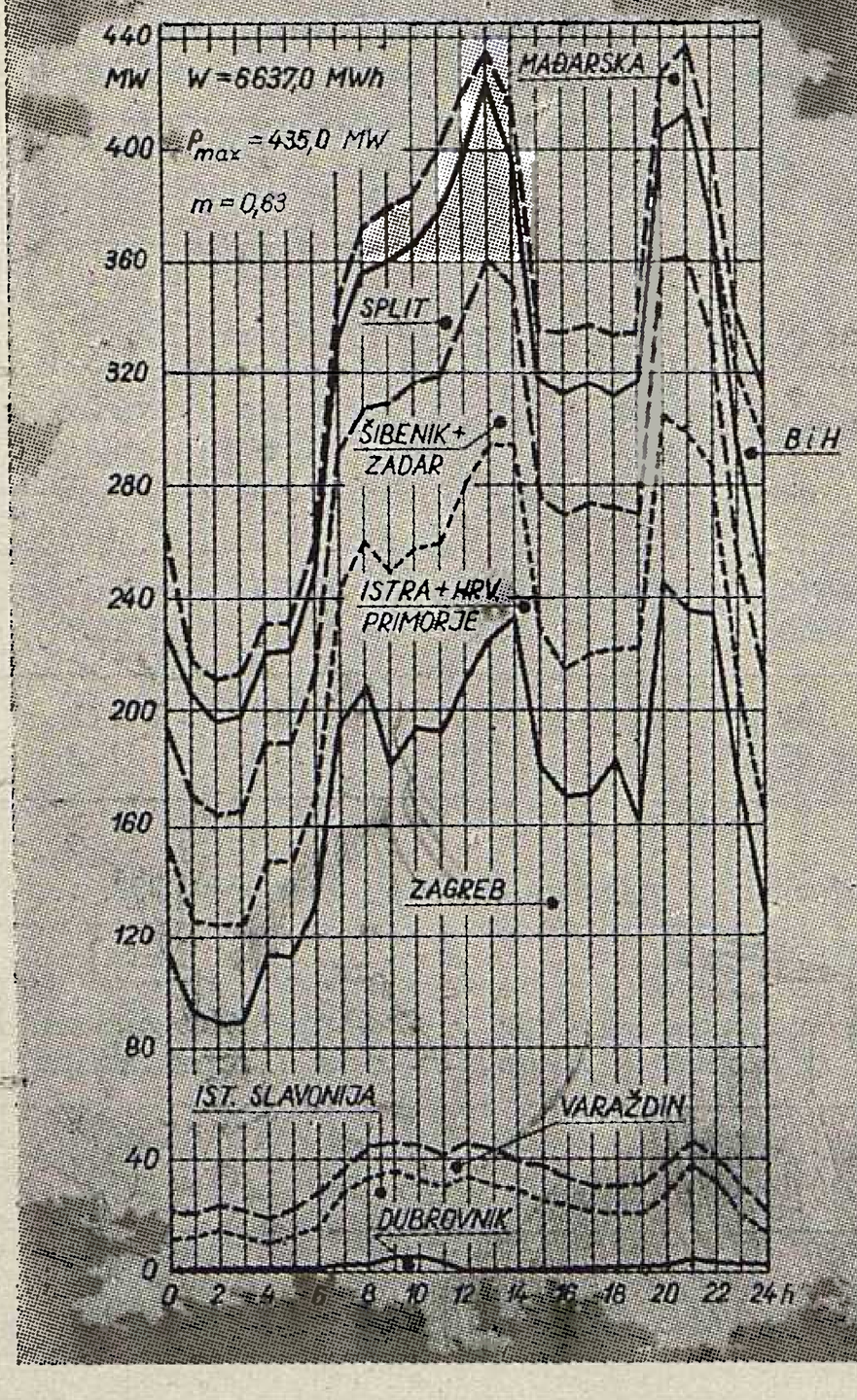
Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	BiH	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
7. 1961.	89	86	85	90	96	104	94	84	95	80
8. 1961.	101	99	103	102	101	109	91	99	103	99
7. 1962.	98	93	98	102	101	97	109	93	102	92
8. 1962.	108	108	106	114	107	105	111	97	110	111

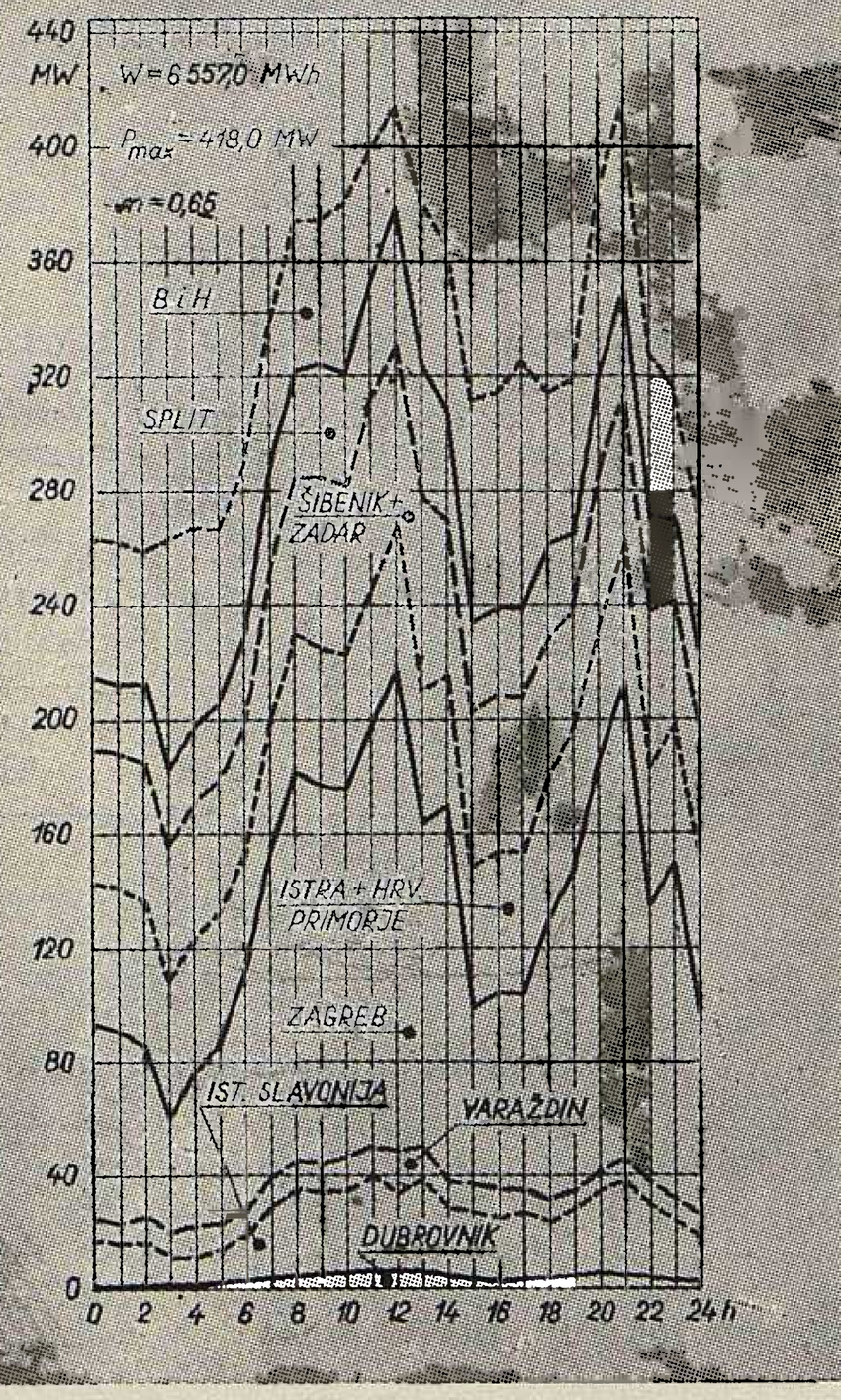
PO IZVORIMA ENERGIJE



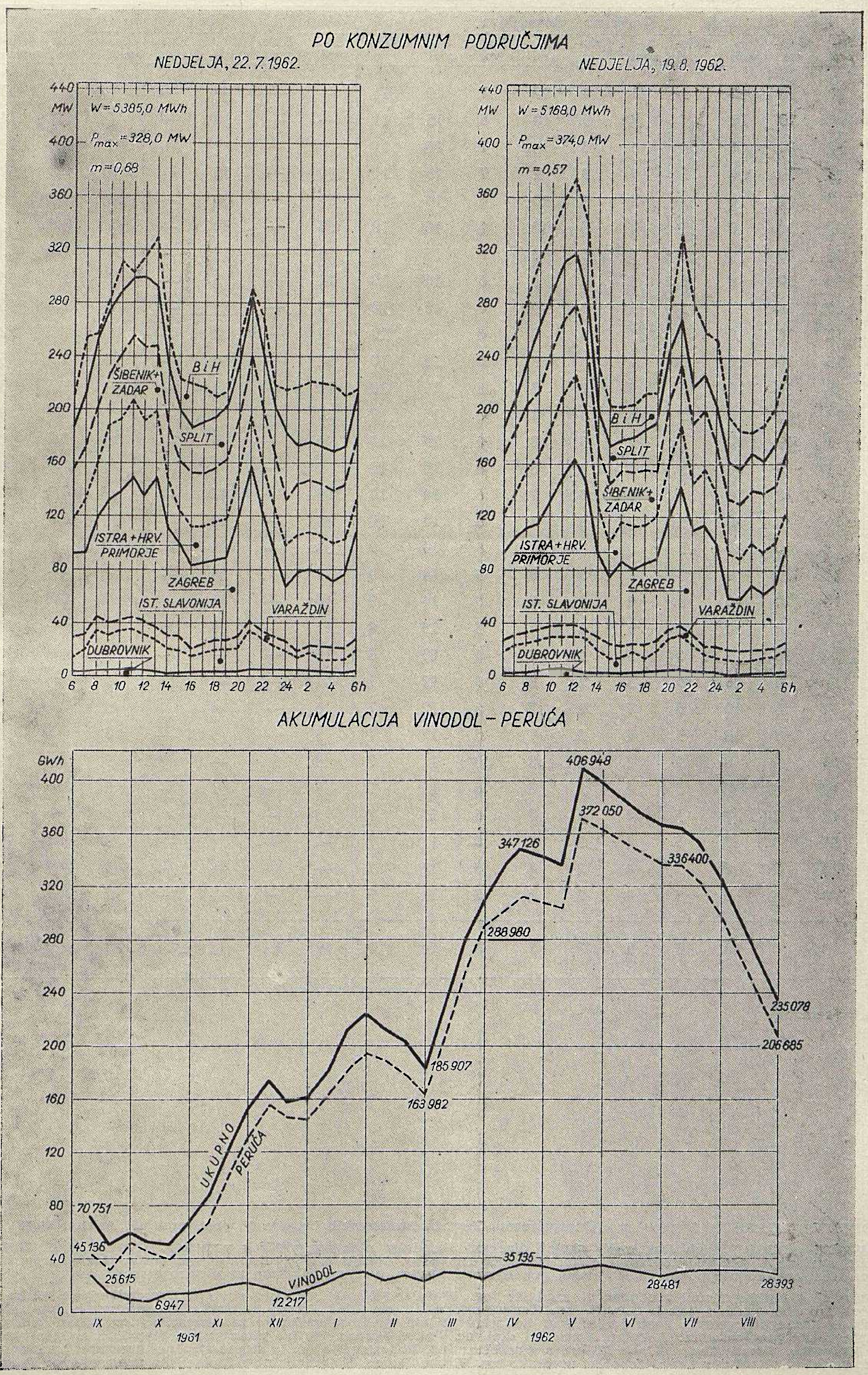


PO KONZUMNIM PODRUČJIMA





TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 22. 7. i 19. 8. **1962.**
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece srpanj i kolovoz 1962. u m³/s

Datum	Cetina						Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Peruća		Split		Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz	Srpanj	Kolovoz
1	17	10	12	5	5	4	10	7	19	11	—	—	—	—	9	2,2	33	rem.[1]
2	15	10	11	5	5	3	10	6	15	11	—	—	10	—	17	2,7	24	„
3	15	10	11	5	5	3	9	7	16	11	3	—	1	—	4	1,4	20	„
4	15	10	10	5	5	3	9	7	16	11	90	—	52	=	34	2,7	32	„
5	10	10	10	5	5	3	10	6	16	10	81	—	80	—	158	2,3	pr.	„
6	22	10	10	5	5	3	10	6	16	10	33	—	30	—	121	2,5	„	„
7	20	10	10	5	5	3	10	6	16	10	28	—	17	—	54	2,8	„	„
8	16	10	10	5	5	3	9	6	16	10	14	—	8	—	41	3,2	56	„
9	16	10	10	5	5	3	9	6	16	10	18	—	15	—	26	1,7	56	„
10	13	10	10	5	5	3	9	6	16	10	4	—	2	—	18	1,6	52	„
11	13	10	10	5	5	3	9	6	16	10	14	—	10	—	18	1,9	46	„
12	13	10	10	5	5	3	8	6	16	10	16	—	9	—	10	1,4	33	„
13	13	10	10	5	5	3	7	6	15	7	10	—	7	—	7	2,0	29	„
14	11	10	10	5	5	3	8	6	15	10	6	—	4	—	6	1,7	13	„
15	11	10	10	5	5	3	8	6	15	10	8	—	7	—	6	1,6	39	„
16	16	10	10	5	5	3	7	6	14	10	103	—	47	—	6	1,2	44	„
17	16	10	10	5	5	3	7	6	14	10	44	—	30	—	31	1,6	59	„
18	17	10	10	5	5	3	7	6	14	9	38	—	25	—	27	1,4	47	„
19	11	10	10	5	5	3	8	6	14	9	11	—	8	—	13	—	40	7,2
20	10	10	10	5	5	3	7	6	14	9	16	—	7	—	5	0,8	32	5,7
21	10	10	10	5	5	2	7	5	13	8	11	—	8	11	7	—	24	5,7
22	10	10	10	5	5	2	8	6	13	8	16	—	—	—	5	—	24	5,7
23	10	8	10	5	5	2	8	6	12	7	—	—	—	14	5	—	22	7,2
24	10	8	10	5	7	2	7	6	12	7	6	—	4	1	3	0,1	20	4,3
25	10	8	10	5	4	2	7	6	12	7	5	—	3	—	3	0,1	14	4,3
26	10	8	8	5	4	2	8	6	11	7	5	3	—	8	3	0,3	19	4,3
27	10	8	8	5	4	2	8	6	11	7	5	—	1	—	3	—	16	4,3
28	10	8	7	5	4	1	7	6	11	7	5	—	—	—	5	—	17	4,3
29	10	8	7	5	4	2	7	6	11	7	—	—	2	—	3	0,9	11	—
30	10	8	6	5	4	2	8	6	11	7	—	—	—	—	2	0,4	11	4,3
31	10	8	6	5	4	2	8	7	11	8	—	—	—	—	2	0,2	11	4,3
Mjes. prosjek	13	9	10	5	5	3	8	6	14	9	19	0,1	12	1	21	1,2	27	2,0

* rem. = remont

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu ,Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Energetika: ing. Vinko *Brajnović.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti,* ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Fëocze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*

GOD. 11 (1962) energija BROJ 11 — 12

BILTEN ZAJEDNICE ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA HRVATSKE I INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U ZAGREBU

POTREBA IZGRADNJE TERMOELEKTRANE PLOMIN

Slavko Tomić, Zagreb

Dani su podaci o zalihama, karakteristikama, proizvodnji te sadašnjoj i budućoj potrošnji raškog ugljena. Kod viškova sitnog nekurentnog ugljena, Istra i zaleđe trpe na pomanjkanju električne energije. S obzirom na raspoloživu sirovinu i ostale dobre uvjete za lokaciju, predviđa se izgradnja termoelektrane u blizini Plomina na obali mora. Izneseno je nekoliko tehničkih i ekonomskih rezultata, dobivenih iz pretprojekta, koji u energetsko-pogonskom i ekonomskom pogledu predstavljaju Termoelektranu Plomin kao vrlo povoljno rješenje u našoj budućoj energetici.

DK 621.311.22

UVOD

U svrhu pokrivanja rastućih potreba za električnom energijom u narednom periodu planira se izgradnja termoelektrane Plomin (Raša). To malo mjesto, po kojemu je buduća elektrana dobila ime, dominira nad Plominskom uvalom u kojoj se predviđa izgradnja. Uvala se nalazi na jugoistočnoj obali u centralnom pojasu najvećeg jugoslavenskog poluotoka — Istre.

U energetskoj privredi Jugoslavije Istra zauzima poseban položaj. Taj položaj posebnog tretiranja uslovljuje u prvom redu njezin geografski smještaj — na poluotoku u krajnjem zapadnom području države — kao i pojava samo jedne značajne energetske sirovinske baze, kamenog ugljena raško-labinskog bazena.

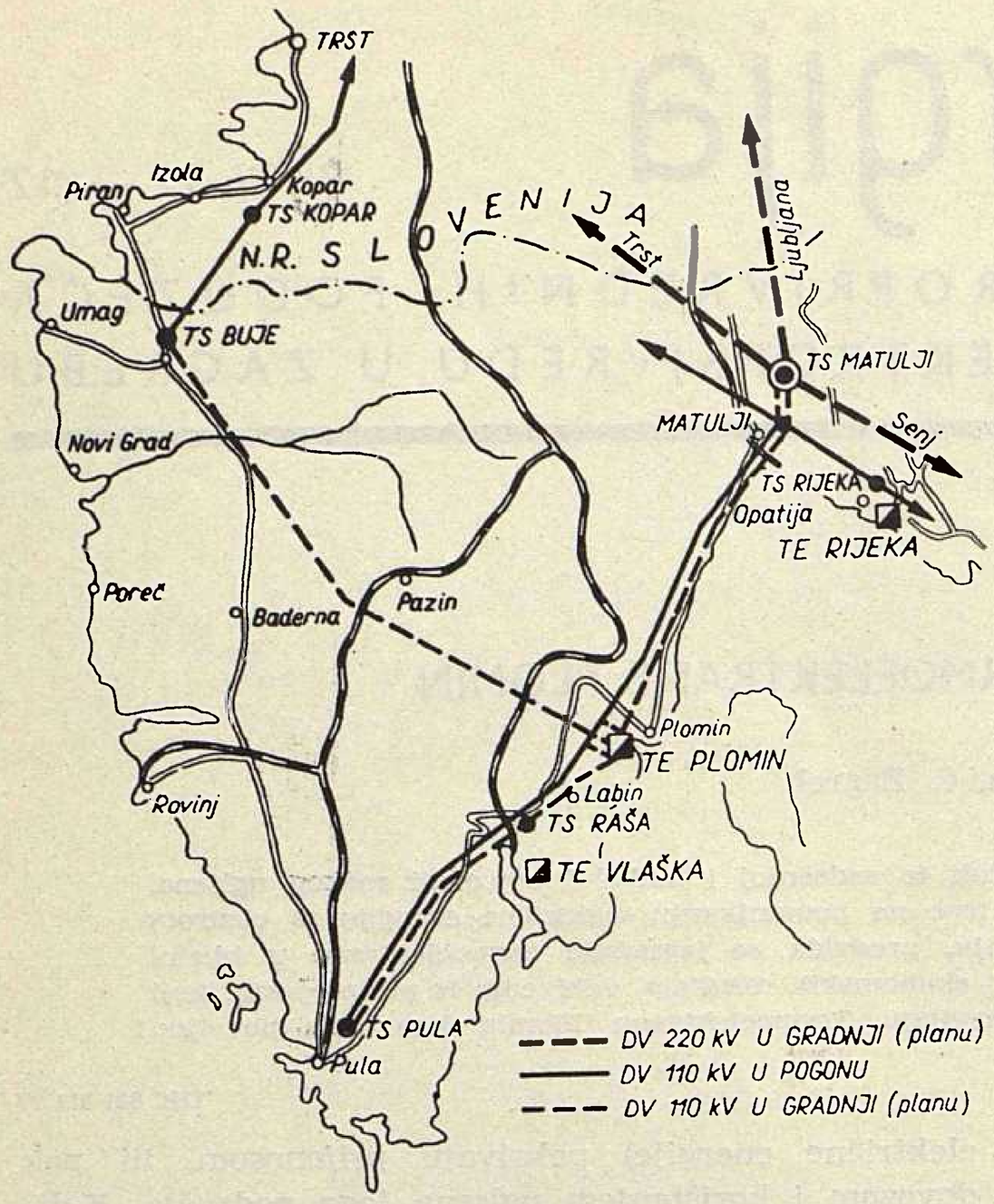
Pomanjkanje drugih važnijih izvora energije, izuzevši ugljeni bazen Istarskih ugljenokopa u Raši, zahtijeva, da se potrebe energije Istre (prvenstveno električne energije) pokrivaju prijenosom, ili pak dovozom i korištenjem ugljena toga područja. Količine ugljena, koje se danas eksploatiraju u bazenu Raša, daleko prelaze potrošnju u samoj Istri. Potrošnja ugljena u Istri iznosi oko 7 % količine proizvedene na njenom području, dok se ostalo izvozilo u druga potrošna područja Jugoslavije, a u posljednje vrijeme i Italije.

U produženju istarske obale u obadva smjera smješteno je više izvora električne energije i to Hidroelektrana Rijeka i Hidroelektrana Senj (u gradnji), te Hidroelektrana Vinodol i nešto dalje Hidroelektrana Gojak i Soške hidroelektrane, sve u pogonu. Ovo su ujedno najbliži izvori električne energije za potrošno područje Istre, Hrvatskog i Slovenskog Primorja.

U spomenutom konzumnom području ne nalazi se ni jedna veća termoelektrana, koja bi mogla služiti kao dopunska elektrana sistemu hidroelektrana. Prve



Sl. 1. Sredovječni grad Plomin



Sl. 2. Makrolokacija termoelektrane Plomin s mrežom 110 i 220 kV

veće termoelektrane su Termoelektrana Šoštanj, zatim Toplana Zagreb II i Toplana Ljubljana (u gradnji). Ove elektrane su dosta udaljene i služe za pokrivanje potreba u bližoj okolici, odnosno dopunjuju dravski sistem elektrana time, da će toplane u Zagrebu i u Ljubljani, kao objekti, koji su smješteni u velikim gradovima, svoju električnu i toplinsku energiju plasirati u gradske mreže i s proizvodnjom biti podređene režimu toplinskog konzuma.

Ova tri naprijed spomenuta razloga: deficitarnost Istre na električnoj energiji, raspoloživa sirovinska baza i zahtjev za dopunom hidroelektrana u primorskom pojasu, nametnuli su potrebu studiranja mogućnosti izgradnje termoelektrane većeg kapaciteta u Istri.

Uvjeti za izbor lokacije diktirali su, da ona bude smještena na platou uz more u Plominskom zaljevu.

1. SIROVINSKA BAZA

Privreda ugljena u Istri

Istarski ugljenokopi Raša bili su do 1945. u cijelosti orijentirani na talijansko potrošno područje, a iza toga na jugoslavensko, uz neznatan izvoz.

Danas se u Jugoslaviji proizvodi godišnje oko 1,300.000 tona kamenog ugljena od čega Istarski ugljenokopi proizvode dvije trećine. Ovaj ugljen je po svojoj kaloričnoj moći naš najbolji ugljen. Najveći potrošač ugljena raškog bazena su saobraćaj i industrija. Ovaj prvi troši sada oko 55 % ukupne proizvodnje.

Za uže potrošno područje, kao što su Istra, Hrvatsko i Slovensko Primorje, zatim za južnija obalna područja, istarski ugljeni bazen je jedini rudnik, na koga su upućeni potrošači iz ovih regiona za podmirenje svojih potreba. Za privredu Istre u užem smislu, te za opću energetiku zapadnog dijela zemlje u širem smislu, ovaj ugljeni bazen ima naročiti značaj, a posebno za elektroprivredu, jer omogućava podizanje termoelektrane na bazi manje kurentnog sitnog ugljena.

Zalihe i istraživanja

Raški ugljeni bazen se sastoji od dva odvojena revira i to jame Raša—Labin i revira jame Pićan. Čitav bazen raspolaže s dvije separacije, od kojih su obadvije vezane na željeznički priključak a jedna i na morsku luku Baršica. Uskoro se predviđa aktiviranje postojećeg okna Ripenda i otvaranje nove separacije Plomin.

Na osnovu »Uputstva za klasifikaciju rezervi ugljena«, komisija Zavoda za geološka istraživanja NR Hrvatske priznala je početkom 1962. bilančne rezerve raškog bazena sa oko 48 milijuna tona odnosno komercijalne rezerve sa 44 milijuna tona.

Istražnim bušenjima, koja su u toku, dobiveni su pozitivni rezultati. Koncem 1962. očekuje se ponovna zvanična procjena rezervi, gdje će biti uzeti u bilancu i rezultati istražnih radova izvršenih i tokom 1962. To se odnosi na istražna bušenja u području Koromačna, gdje je pod kraj prošle godine jednom bušotinom otkriveno nekoliko ugljenonosnih slojeva s produktivnom formacijom od ukupno 8 metara. Izvjesno je, da će se daljnjim istražnim radovima na tom području potvrditi predviđanja o većim rezervama, a samim tim otvoriti daljnje mogućnosti za izgradnju kako rudarskih, tako i termoenergetskih kapaciteta.

Karakteristika raškog ugljena

Kemijska svojstva raškog ugljena pokazuju, da on spada u kamene plinske ugljene s ovim glavnim karakteristikama: niska vlaga, visoki sadržaj hlapivih materija, visoka kalorična vrijednost. Pored toga toga ima i dobra koksna svojstva, osobito kao vezivo u koksnim mješavinama s drugim ugljenima. Loša mu je osobina da ima visoki sadržaj sumpora.

Sortiman za elektrane (0—10 mm) ima slijedeće karakteristike:

vlaga	6 – 10 %
pepeo	7 – 13 %
hlapivo	42 – 45 %
sumpor vezani	1,5 %
sumpor sagorljivi	8,5 %
kalorična moć gornja H_g	6320 kcal/kg
kalorična moć donja H_d	6100 kcal/kg

Kemijski sastav pepela je različit prema slojevima i on se mijenja od visoko do slabo bazičnog, pa čak i kiselog karaktera. Uglavnom prevladavaju bazične komponente. Temperatura tališta je niža kod ugljena sa slabo bazičnim svojstvima, a kreće se od 1250 —

1500⁰ C. Laboratorijskim se ispitivanjima najčešće dobivaju ovakvi rezultati:

početak sinterovanja	1000⁰ C
početak mekšanja	1310⁰ C
talište	1395⁰ C
istečenje	1420⁰ C

Drozga raškog ugljena predstavlja materijal s vezivim svojstvima zbog visokog sadržaja $CaSO_4$ i CaO. Pretpostavlja se i mogućnost industrijskog iskorištenja pepela za gradnju građevinskih elemenata. U pepelu ima i izvjesnih tragova rijetkih metala među kojima su: titan, vanadij i uran u raznim koncentracijama. S obzirom na veće količine pepela koje će se dobivati u elektrani, može postati aktuelno i separiranje ovih metala.

Proizvodnja

U bazenu istarskih ugljenokopa Raša počela je proizvodnja oko godine 1900. S raznim oscilacijama u predratnom i poratnom periodu, proizvodnja se zadnjih godina stabilizirala na oko 850.000 t godišnje. Na bazi raspoloživih rezervi izrađen je plan eksploatacije, prema kojem će se u periodu do 1980. proizvodnja povećati na oko 900.000 tona/god, a zatim postepeno smanjivati, tako da se osigura dovoljno dugi život rudnika. S obzirom na rezultate istražnih radova izvršenih u 1961. i 1962. taj plan će se održati, odnosno obećava da će se današnji nivo proizvodnje moći zadržati i preko kraja stoljeća.

Kod razmatranja proizvodnje u bazenu Raše, uz količinu, ovdje je jednako interesantan i sortiman. Kod sadašnje produkcije, sitni sortiman (0—10 mm) prelazi 55 % ukupne proizvodnje. Uvođenjem mehanizacije i otkopavanjem nešto tanjih slojeva nego do sada, udio sitnih sortimana će porasti kako se očekuje na 60—65 %. Ovako velika količina sitnog ugljena u strukturi proizvodnje raškog bazena nepovoljna je i čini naročite teškoće proizvođaču.

Potrošnja

Iz dokumentacije proizvođača, Istarskih ugljenokopa Raša, vidi se sadašnje tržište raškog bazena. Skoro cjelokupna proizvodnja prodaje se izravno krajnjim potrošačima. Kod tih je potrošača provedena anketa o budućoj potrošnji. Pored ovih, razmotreni su i neki potencijalni potrošači, koji su u planu izgradnje, kao i oni, koji se danas snabdijevaju iz drugih ugljenika, a teritorijalno bi gravitirali na Rašu.

Anketa je pokazala, da glavni sadašnji potrošači raškog ugljena nisu s njim zadovoljni, jer se prodaja kvalitetnijih sortimana uvjetuje kupnjom sitnih sortimana, pa nekad i preko 50 %. To osobito pogađa željeznicu, koja je ranijih godina trošila do 45 % ukupne proizvodnje, a saobraćaj u cjelini 60 %.

U tablici 1 vidi se kretanje potrošnje ugljena raškog bazena posljednjih godina.

Saobraćaj je u cjelini u 1961. potrošio preko 100.000 tona manje raškog ugljena nego pet godina ranije, a to su uglavnom količine sitnih sortimana. Potrošnja u pomorskom saobraćaju opada brže. To je prisililo proizvođača da viškove plasira putem izvoza, od kuda i potječe povećanje od 24.000 t u 1957. na blizu 100.000 tona u 1961.

Kod industrije, kao drugog važnog potrošača stanje se praktički ne mijenja tako da je u periodu od 5 godina potrošnja porasla samo za 5.000 t/g. Kod industrije međutim osjetno opada potrošnja termoelektrana (u roku od 5 godina za 20.000 t).

Široka i ostala potrošnja zadržava se posljednjih godina na istom nivou.

U godini 1961. bilo je proizvedeno 429.000 t sitnih sortimana, dok je ukupna potražnja za takvim sortimanima iznosila u zemlji jedva nešto preko 100.000 t



Sl. 3. Pogled na Plominski zaljev

Potrošnja ugljena raškog bazena u 1000 tona

Tablica 1

Potrošači	1957.			1958.			1959.			1960.			1961.		
	k	s	u	k	s	u	k	s	u	k	s	u	k	s	u
Industrija	82	134	216	104	112	216	95	127	222	96	116	212	100	123	223
cementarne	8	81	89	10	64	74	5	71	76	9	66	75	7	70	77
koksare	15	8	23	48	3	51	42	12	54	45	8	53	45	7	52
plinare	11	—	11	10	—	10	6	—	6	5	—	5	5	—	5
termoelektrane	17	32	49	8	32	40	16	26	42	11	22	33	10	19	29
prehramb. ind.	12	4	16	9	4	13	7	6	13	7	6	13	7	5	12
ostala ind.	19	9	28	19	9	28	19	12	31	19	14	33	26	22	48
Saobraćaj	250	312	562	251	269	520	285	230	515	274	199	473	254	205	459
željeznički	134	270	404	144	232	376	181	187	368	188	166	354	191	180	371
pomorski	96	41	137	88	36	124	88	41	129	73	30	103	54	23	77
rječni	20	1	21	19	1	20	16	2	18	13	3	16	9	2	11
Široka potrošnja	12	—	12	12	—	12	10	—	10	10	—	10	10	—	10
Ostalo	3	—	3	2	—	2	1	—	1	1	—	1	1	—	1
Izvoz	5	19	24	2	62	64	—	95	95	—	105	105	—	96	96
Vlastita potroš.	9	4	13	9	4	13	10	5	15	8	4	12	8	5	13
Ukupno	361	469	830	380	447	827	401	457	858	389	424	813	373	429	802

k (krupni: iznad 10 mm) — komad, kocka, orah i grašak
s (sitni: 0—10 mm) — sitni prani, sitni neprani i prah
u — ukupno

(potrošnja u cementarnama i termoelektranama). Zbog toga se na domaćem tržištu kamenog ugljena i pojavljuje anomalija, da se on s jedne strane uvozi, a s druge izvozi (sitni). Razlog je, uz nepovoljan sortiman raškog bazena, i visoki sadržaj sumpora koji je štetan (naročito u koksarama).

Na osnovu rezultata ankete i utvrđenih smjernica općeg privrednog razvitka predviđeno je kretanje potrošnje raškog ugljena, kako je prikazano u tablici 2.

Predvidivo kretanje potrošnje raškog ugljena u 1000 t

Tablica 2

Potrošači	Dosadašnja potrošnja			Predvidive potrebe		
	1957.	1959.	1961.	1966.	1971.	1980.
Saobraćaj						
željeznički	404	368	371	340	290	200
pomorski	137	129	77	33	20	—
rječni	21	18	11	7	5	—
ukupno	562	515	459	380	315	200
Industrija						
elektroprivreda	49	42	29	—	—	—
koksare	23	54	52	80	80	80
cementarne	89	76	77	160	190	200
ostala industrija	55	50	65	54	58	62
ukupno	216	222	223	294	328	342
Široka potrošnja	12	10	10	11	11	12
Vlastita potrošnja	13	15	13	15	15	15
Ostali	3	1	1	1	1	1
Izvoz	24	95	96	—	—	—
Višak*	—	—	—	199	230	330
Ukupno	830	858	802	900	900	900

Iz tablice se vidi, da se struktura potrošača u budućnosti znatno mijenja.

Zbog dizelizacije i elektrifikacije željeznica, zatim propulzije brodova pomoću plinskog i ložnog ulja, udio saobraćaja u budućoj potrošnji ugljena znatno se smanjuje, osobito kod pomorskog i rječnog brodarstva. Željeznica smanjuje potrošnju i zbog preorijentacije na lošiji kvalitet ugljena (oplemenjeni lignit).

* u višku su iskazani isključivo sitni sortimani

Elektroprivreda već 1966. ne predviđa u svojim starijim pogonima Termoelektrane Rijeka i Termoelektrane Vlaška (ovi se pogoni jedino snabdijevaju iz raškog bazena) praktički nikakovu potrošnju. Koksare, a naročito cementarne smatraju se konzumentima, koji će u budućnosti znatno povećati svoju potrošnju.

Izvoz za godinu 1966. nije posebno iskazan, nego je uključen pod stavku »višak«. Međutim, cijena ugljenu na evropskom, a i na domaćem tržištu ugrožena je velikom izgradnjom rafinerija nafte, koje po povoljnijim cijenama nude tekuća goriva (mazut). Pored toga prekooceanski ugljeni direktno snizuju cijenu na evropskom tržištu. Izgledi za izvoz raškog ugljena, realno gledani, nisu naročiti, s obzirom na relativno visoku cijenu proizvodnih troškova, zbog čega će za postizavanje konkurentne cijene na stranom tržištu biti potrebno sniziti proizvodne troškove, odnosno povećati izvoznu premiju.

Problem velikih viškova sitnog ugljena raškog bazena u budućnosti morat će se rješavati:

1) povećavanjem izvoza, uz daljnje sniženje cijene;

2) briketiranjem, (ovo je vezano s ekonomskim i tehnološkim problemima);

3) korištenjem na licu mjesta kao energetske supstancije za proizvodnju električne energije;

4) smanjenjem proizvodnje, iako postoje razvijeni kapaciteti.

Usporedne analize dovele su do zaključka, da je s gledišta narodne privrede najsvrsishodnije koristiti ove viškove za proizvodnju električne energije. U tu bi svrhu trebalo izgraditi termoelektranu na području ugljenog bazena Istarskih ugljenokopa. U prilog prednjeg zaključka govore slijedeće činjenice:

Budući da postoje razvijeni rudarski kapaciteti i dovoljne rezerve, bilo bi štetno ići na smanjenje proizvodnje, što bi za sobom povuklo i problem upošljenja viška radne snage.

S elektroenergetskog stanovišta bilo bi, zbog deficitarnosti, veoma povoljno smjestiti termoelektranu u ovo područje.

Naprijed su spomenute teškoće plasmana ugljena na strano tržište. Međutim, s obzirom na blizinu talijanskog tržišta, kao glavnog kupca raškog ugljena, mogao bi se i eksport riješiti izvozom električne energije. Ako se prodaja ugljena u obliku električne energije usporedi s izvozom sirovine, dobiva se znatno veći rentabilitet, ako se izvozi ugljen prerađen na nalazištu.

Razvoj potražnje i proizvodnje električne energije u Istri, Rijeci i Slov. Primorju

Tablica 3

Bilanca električne snage MW

Godina	1962.	1965.	1967.	1970.	1975.
Potražnja	114	151	180	229	334
Snaga elektrana	15	45	45	50	154
Manjak	99	106	135	179	180

Bilanca električ. energije GWh/god. u prosječnoj god.

Godina	1962.	1965.	1967.	1970.	1975.
Potražnja	492	660	782	1000	1454
Proizvodnja elektr.	50	180	180	190	366
Manjak	442	480	602	810	1088

Sagorijevanje sitnog ugljena (0—10 mm) na roštiljima parnih lokomotiva ili sličnih ložišta, daje neuporedivo manju korisnost od one u modernim termoelektranama, zbog čega gospodarenje toplinom upućuje na čim veću potrošnju nekurentnog ugljena na jednom ložištu (u elektrani), a vuču na pogon električnom energijom.

2. ENERGETSKO OPRAVDANJE

Energetska situacija Istre i zaleđa upravo je obrnuta od one kod ugljena. Elektrane na području Istre ne mogu ni izdaleka pokriti potražnju električne energije. Elektrane su male, zastarjele i neekonomične. Javne elektrane, Termoelektrana Vlaška s 8 MW i Termoelektrana Rijeka sa 7 MW bit će praktički u trajnoj rezervi. Proizvodnja svih elektrana Istre i zaleđa kretala se dosada oko 50 GWh/god. Kao posljedica naglog porasta potrošnje na području Istre i u njenom užem zaleđu debalanca između potražnje i proizvodnje električne energije biva svakako sve veća.

Prema postojećim službenim planovima i studijama potrošnje, može se očekivati razvoj potražnje i proizvodnje električne energije prema tablici 3.

Navedena bilanca pretpostavlja izgradnju HE Rijeka do 1965. sa 36 MW i 140 GWh/g, zatim HE Osp do 1973. sa 100 MW i 186 GWh/g u prosječnoj godini, zatim industrijsku elektranu Rafinerije nafte u Rijeci.

Pokriće manjka u Istri sa zaleđem predviđa se izgradnjom prijenosne mreže, odnosno podizanjem termoelektrane Plomin. Predviđa se da bi ova elektrana imala snagu od 100 MW i proizvodnju od 500 GWh/g u I etapi. Uvrštavanjem ove elektrane u bilancu Istre i zaleđa sa 1 × 100 MW u 1967. odnosno 200 MW u 1970. godini dobiveno je stanje:

Potražnja i proizvodnja električne energije nakon izgradnje TE Plomin

Tablica 4

	Snaga MW			Energija GWh/g u prosječnoj godini		
Godina	1967.	1970.	1975.	1967.	1970.	1975.
Potražnja	180	229	334	782	1000	1454
Postoj. izvori	45	50	154	180	190	366
TE Plomin	92	184	184	460	690	920
Manjak (—) odn. višak (+)	—43	+5	+4	—142	—220	—168



Sl. 4. Mjesto Plomin i Plominska uvala

TEHNIČKI PODACI ZA TE PLOMIN, 1. ETAPA

Toplinski podaci

Kotlovi

tip: loženje mlinsko s tekućom drozgom (ciklonsko)
izvedba: otvorena
učin: 1 × 320 t/h
koncesioni tlak: 200 atp
temperatura: 545° C
izlaz iz međupregrijača: 50 atp
temperatura: 530° C
napojna voda: 263° C

Turbinsko postrojenje

tip: kondenzacioni turboagregat sa međupregrijanjem i oduzimanjem pare za regenerativno zagrijavanje turbinskog kondenzata
snaga: 1 × 100 MW
tlak pare na napusnom ventilu: 180 atp
maksim. temperatura pare na napusnom ventilu: 545° C

Nakon međupregrijanja

tlak pare: 48 atp
temperatura: 525° C
hlađenje: protočno

Električno postrojenje

Generator

snaga: 1 × 100 MW/115 MVA
nazivni napon: 16 kV
cos φ: 0,87

Blok-transformator

snaga: 115 MVA
prenosni omjer: 16/110 kV

Vlastita potrošnja

uzima se kao otcjep s generatora iz mreže 110 kV; napon: 6 kV

Rasklopno postrojenje 110 kV

izvodi se na otvorenom sa dva sistema sabirnica (montira se jedan u I. etapi)

U I etapi izvodi se

1 polje generatora
1 polje transformatora za vlastitu potrošnju
1 mjerno polje
1 spojno polje (ne montira se u I etapi)
3 dalekovodna polja

Centrala će imati visok stepen automatizacije, zatim kombiniranu regulaciju frekvencije i pritiska, a regulaciju napona s magnetnim regulatorom. Osnovna shema I etape prikazana je na sl. 5.

Iz tablice 4 vidi se, da se cjelokupna proizvodnja TE Plomin (računano sa 5000 sati) može plasirati u konzumno područje Istre i zaleđa, a da se ni time konzum potpuno ne zadovolji.

Sličnim razmatranjem energetske bilance zapadnog područja FNR Jugoslavije za prosječnu godinu dobivaju se rezultati, prema kojima je i ovo područje u 1967. deficitarno sa 760 GWh. Ulaskom u pogon TE Plomin, taj bi se deficit smanjio za 460 GWh u I etapi, odnosno za dvostruko u II etapi. Sama činjenica, da termoelektranu Plomin treba podići u elektroenergetski deficitarnom području u užem i širem smislu, te da energiju iz ove elektrane treba prenositi unutar radijusa od 40 km, opravdava s energetskog stanovišta njenu izgradnju.

Situacija u sl. 2 prikazuje stanje prijenosne mreže u Istri s ucrtanim razvojem te mreže do 1977. te smještajem TE Plomin.

3. *TEHNIČKO RJEŠENJE*

Makrolokaciju nove Termoelektrane Plomin odredila je činjenica, da u Istarskom ugljenokopnom bazenu postoji višak sitnog ugljena, koji se može najekonomičnije iskoristiti tako, da služi kao gorivo za termoelektranu na mjestu proizvodnje. Njenu mikrolokaciju u Plominskoj uvali uslovio je u prvom redu prikladan teren na kojem se može podići termoelektrana sa svim pomoćnim objektima, zatim više izvora slatke vode koji se nalaze na tom terenu za pokriće potreba za tehnološkom, sanitarnom i pitkom vodom. Prostor se nalazi na morskoj obali od kuda će se crpsti rashladna voda. Sondažna ispitivanja terena dala su veoma povoljne rezultate u pogledu nosivosti tla.

Daljnja je prednost ove lokacije, što upravo na tom prostoru završava unutarnji transport ugljenokopa, tako da će praktički potpuno otpasti troškovi transporta ugljena do deponije elektrane.

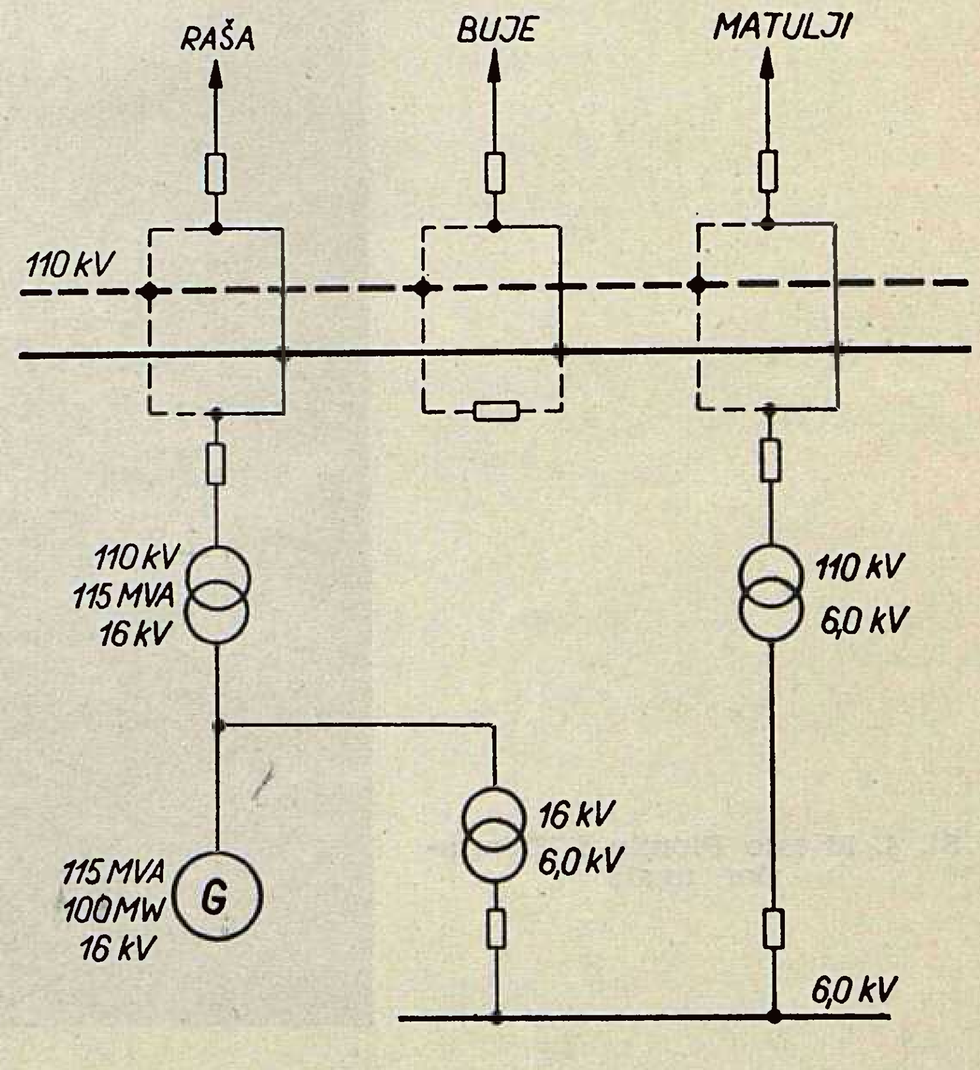
Toplinska shema izrađuje se na osnovu najnovijeg razvoja ovakvih postrojenja, a to je usvajanje svih onih mjera koje mogu smanjiti specifični potrošak goriva, specifične investicije kao i broj radnika. U tu je svrhu usvojen tip bloka kotao-turbina s međupregrijanjem i velikim brojem oduzimanja pare za regeneraciju kondenzata, kao i visoki početni parametri tlaka i temperature svježe vode.

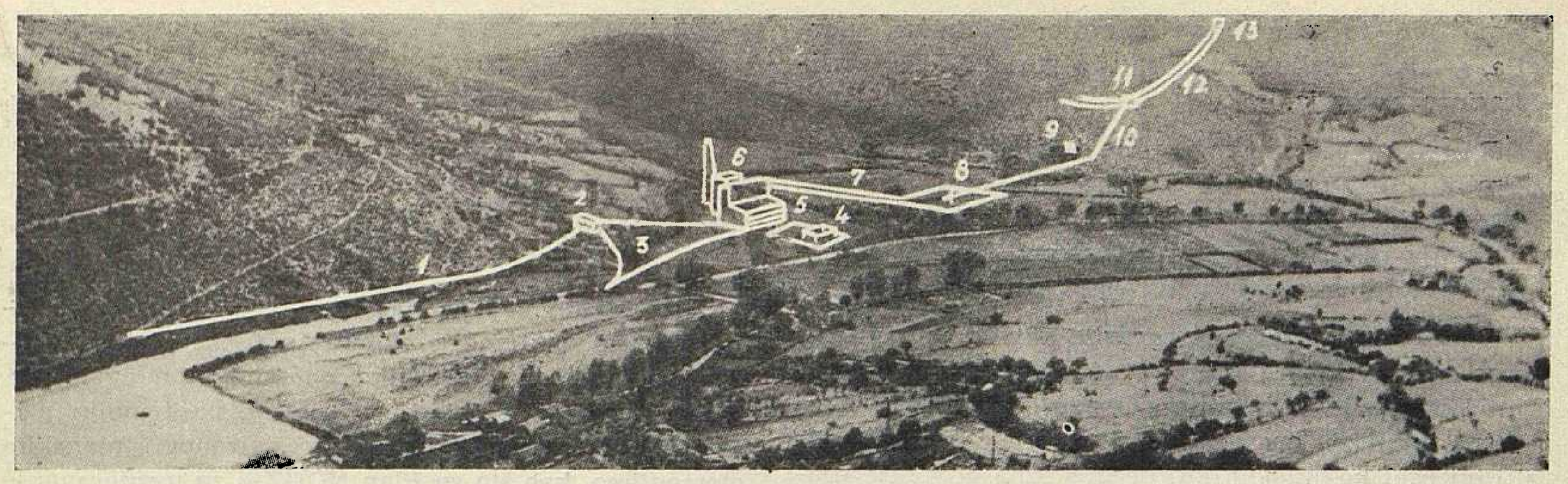
Termoelektrana Plomin imat će u I etapi snagu od 1 × 100 (do 125) MW. Pretpostavlja se da će u prosječnoj godini ova elektrana biti angažirana po 5000 sati.

Zbog kvaliteta ugljena raškog bazena (6,0 Mcal/kg), zatim zbog povoljne lokacije, te protočnog hlađenja, investicije za ovakav objekt mogu biti i preko 20 % niže nego za elektranu na lignitskim nalazištima s istom snagom. Pored toga u troškovima rada znatan utjecaj ima i bolji stepen djelovanja kotlova loženih ugljenom visoke kalorične moći.

Suprotno investicijama, koje su u termoelektrani Plomin niže, gorivo je skuplje od onoga na bogatijim

Sl. 5. Osnovna električna shema 1. etape (1 × 100 MW) termoelektrane Plomin





Sl. 6. Skica predviđenih postrojenja

1 — otvoreni kanal za dovod rashladne vode; *2* — bazen; *3* — tlačni cjevovod, odvod rashladne vode i preljev; *4* — rasklopno postrojenje; *5* — strojarnica; *6* — kotlovnica; *7* — kosi transporter ugljena; *8* — deponija s rasipnim transporterom; *9* — zahvat tehnološke, sanitarne i pitke vode; *10* — transportna traka; *11* — drobilica; *12* — rudnički kolosijek; *13* — izvozni hodnik za ugljen

lignitskim nalazištima. Ovdje se gorivo na deponiji cijeni sa 1,0 Din/1000 kcal.

Svrsishodna upotreba nekuretnog (sitnog) ugljena raškog bazena, male investicije i ekonomična dobava električne energije Istri i njezinom zaleđu, potpuno opravdavaju poduzete mjere da se završe projektantske i studijske predgradnje i pripremi izgradnja termoelektrane Plomin.

Literatura

Dokumentacija. Istarski ugljenokopi Raša.

Studija o potrošnji raškog ugljena. Tehnološko-ekonomski biro, Zagreb.

Viškovi ugljena u Istri — baza nove termoelektrane. Institut za elektroprivredu, Zagreb.

Katastar ugljena NRH. Institut za elektroprivredu, Zagreb.

Naslov pisca: Ing. Slavko T o m i ć, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37.

OPSKRBA ENERGIJOM GRADA ZAGREBA

Jakob L u c a t i, Zagreb

Dane su osnovne smjernice za rješenje opskrbe energijom, a kao primjer jednog rješenja prikazana je opskrba grada Zagreba. U prvom dijelu članka navedena je struktura potrošnje po glavnim nosiocima energije na bazi potrošnje u godini 1958, a u drugom dijelu prikazan je razvoj do 1970. Razvoj potrošnje utvrđen je na temelju ogrjevnog standarda stanovništva.

DK 620.9 : 621.31

1. OPĆENITO

Opskrba gradova energijom raznih oblika zadatak je o čijem pravilnom rješenju ovisi u velikoj mjeri pravilan i normalan razvoj cjelokupne djelatnosti, koja se u njima odvija. Zadovoljenje potreba stanovništva na energiji za svakidašnji život u skladu sa standardom pojedinaca i cjeline važan je komunalni zadatak.

Rješenje ovog zadatka ovisi o mnogim faktorima za koje ne postoje opće važeće šablone. Suvremena energetika postavlja doduše, glavne smjernice i red povoljnosti po uporabnom ili ekonomskom kriteriju, ali za izbor konkretnih rješenja treba poznavati mnoge faktore, koji su specifični za prilike u razvoju svakog grada, kao: strukturu privrede u gradu, postojanje lokalnih energetskih izvora, strukturu raspoložive energije na širem teritoriju, kao i smjernice općeg usmjeravanja energetike zemlje. Naravno, da osnovicu sačinjavaju urbanistički elementi, njihove veličine i trendovi razvoja. Raspoloživa financijska sredstva za rješenje energetskih problema presudno utječu na izbor rješenja.

Redovita je pojava da se na temelju postojećeg stanja mora predvidjeti razvoj za odgovarajući period vremena. Kod toga se grad širi uključujući nove teritorije u kojima energetske probleme treba iz osnove rješavati po suvremenim energetskim principima tražeći optimalna rješenja, nekad nezavisno od energetike postojećeg dijela grada.

U energetici grada osnovnu grupu potrošača predstavljaju domaćinstva, tj. široka potrošnja stanovnika, za grijanje, kuhanje, pripremu tople vode, rasvjetu, kućanske aparate itd. Dopunsku grupu predstavljaju obrt, industrija i ostalo (komunalna i opća potrošnja). Ova grupa, u kojoj je glavni potrošač industrija, koristi energiju u pogonske i tehnološke svrhe, a njena opskrba energijom podliježe tempu razvoja postojećih i izgradnje novih kapaciteta. Dok prvu grupu potrošača treba perspektivno promatrati u dinamičkom razvoju, drugu vrstu možemo obuhvatiti u najvećem dijelu planskim predviđanjima. U svakom slučaju treba ove dvije grupe promatrati odvojeno.

Vrste energija koje dolaze u obzir kod nas za opskrbu gradova su primarne energije: ugljen, drvo i

zemni plin, te sekundarne energije: električna energija, gradski i tekući plin, tekuća goriva, koks, toplifikaciona energija.

Razvoj suvremene energetike usmjeren je u pravcu povećanja ekonomije od izvornog oblika preko svih faza pretvorbi do korisne energije u primjeni, kao i povećanja njene upotrebne vrijednosti. Ova opća težnja dovodi do sve veće upotrebe sekundarne energije.

Dobivanje sekundarne energije vezano je s unošenjem sve složenijih i skupljih sredstava u tok pretvorbe od primarne do korisne energije. Prema tome kvalitetna struktura energije ovisna je o ekonomskoj snazi i energetsko-ekonomskoj politici koja određuje granice opravdanog investicionog ulaganja u pretvorbu primarne u sekundarnu (elektrane, plinare, rafinerije, koksare, toplane itd.) kao i za transport te potrošačku opremu.

Mogućnost racionalnog pretvaranja jedne vrste energije u drugu dovela je do primjene supstitutnih energija, jer se za te namjene mogu koristiti razne vrste energije. Ova pojava omogućava da potrošač između raznih vrsta energije (kao: električne energije, plina, krutih goriva, tekućih goriva) izabere onu koja mu po tehničkom ili ekonomskom kriteriju, ili pak po upotrebnoj vrijednosti pruža optimalne koristi. Princip substitucije energija omogućava također kombinaciju od više vrsta energija za iste vrste primjene.

Za ovo je naročito podesna sekundarna energija bilo plin ili električna energija, jer se ova energija lako prilagođuje željenim temperaturnim uslovima i omogućava precizno doziranje i upotrebu automatizacije (termostata i sl.). Pri tome su akumulacioni gubici mali, a higijenski uslovi vrlo povoljni. Sve ovo stimulira upotrebu sekundarnih energija u domaćinstvu, naročito kada su i uslovi u pogledu povoljnosti cijena ispunjeni.

Jedno rješenje energetike grada u razvoju prikazat ćemo na primjeru grada Zagreba. Pri tome ćemo osnovnu grupu, domaćinstva tj. široku potrošnju detaljnije prikazati.

Odabrana su dva perioda razvoja i to: prošli razvoj do 1958/59, i perspektivni razvoj do 1970.

Pomoću trenda razvoja potrošnje iz prošlog perioda odredili smo perspektivnu potrošnju energije. Međusobni odnos energija, njihov promjenljivi utjecaj i konzekvencije obuhvaćeni su putem tzv. energetskog standarda i njegovog razvoja u promatranom razdoblju.

2. PODRUČJE URBANISTIČKOG ZAHVATA

Područje urbanističkog zahvata grada Zagreba obuhvaća teritorij već postojećeg grada, kao i područja koja su rezervirana za njegov perspektivni razvoj. To su ranije općine:

Gornji Grad	Dubrava
Donji Grad	Trešnjevka
Trnje	Črnomerec
Medveščak	Podsused
Pešćenica	Remetinec (djelomično)
Maksimir	

u ukupnoj površini od 32.813 ha, od koje otpada na:

I	stambene zone	5.738 ha
II	industrijske zone	2.661 ha
III	javne zone	407 ha
VI	rekreaciju, poljoprivredu, Savu i inundaciono područje, saobraćajnice, zaštitna zelenila i ostalo	24.007 ha

Broj stanovnika grada Zagreba u godini 1958. izračunan je na temelju popisa iz godine 1953, i evidencije kretanja stanovnika po pojedinim općinama. Daljnji prirast stanovništva uzet je na temelju prirodnog i mehaničkog prirasta, korigiranog s planskim elementima, kao što su Plan NOGZ-a za usmjeravanje stambene izgradnje itd.

Neto stambena površina izračunana je na temelju podataka iz Statističkog godišnjaka grada Zagreba i iz Statističkih pregleda grada Zagreba za godinu 1955, 1958, 1959. i 1960. Sama dislokacija unutar općina na pojedine organizacione jedinice, izvršena je na temelju procjene po stanovniku i to od 8 do 13 m², prema karakteru i fizionomiji pojedinih predjela grada. S planske perspektive postepeno se ti prosjeci povećavaju, tako da se u konačnici pretpostavlja da će na jednog stanovnika u gradu Zagrebu otpasti 16 m². Na temelju površina izračunani su volumeni tako da se prosječna visina stambenog prostora pretpostavila sa 2,6 do 3 m, već prema karakteru pojedinih predjela grada.

Glavni osnovni podaci o urbanističkom razvoju grada za godinu 1958 i 1970. dani su u tablici 1.

Osnovni podaci o urbanističkom razvoju Zagreba

Tablica 1

Godina	1958.	1970.
Broj stanovništva	404.310	583.000
Ukupna neto stambena površina m²	4.201.570	6,996.000
Stambeni prostor m³	12,676.700	19,700.750
Javni objekti m²		775.000
Javni objekti m³		2,565.000

3. POTROŠNJA ENERGIJE U GRADU ZAGREBU

3.1 Električna energija

Struktura potrošnje na užem području u godini 1958. po vrstama potrošača prikazana je u tablici 2.

Struktura potrošnje električne energije 1958.

Tablica 2

Grupa potrošača	Potrošnja 1958.*	
	MWh	%
Domaćinstva	120.388	43,2
Obrt	5.180	1,9
Industrija	102.438	36,7
Ostalo**	50.960	18,2
Ukupno	278.960	100,0

* Podaci su dani bez gubitaka u mreži
** Društvene prostorije, ustanove, poljoprivredni motori, javna rasvjeta, vodovod, tramvaj, ostali velepotrošači

Pregled potrošnje električne energije u domaćinstvima, po općinama

Tablica 3

Općina	Potrošnja 1958. kWh	Broj potrošača	Potrošnja po potrošaču kWh/potr.	Broj stanovnika (procjena za 1958.)	Potrošnja po stanovniku kWh/stan.	Broj stanovnika po potrošaču	Površina km²	Potrošnja po m² kWh/m²
Donji Grad	16,445.830	9.415	1.748	55.000	299	5,84	1,59	10,34
Gornji Grad	7,085.390	4.467	1.586	26.000	272	5,82	25,28	0,280
Medveščak	21,591.202	14.810	1.458	68.000	317	4,59	17,98	1,200
Maksimir	13,070.898	10.670	1.226	56.000	234	5,25	52,85	0,248
Črnomerec	16,073.214	10.549	1.523	53.000	303	5,02	8,50	1,890
Trešnjevka	16,932.139	14.228	1.190	73.000	232	5,13	12,40	1,365
Trnje	10,668.305	9.421	1.132	45.000	237	4,78	6,97	1,530
Pešćenica	3,360.622	3.135	1.072	17.000	198	5,43	25,65	0,131
Zag. Dubrava	2,503.655	3.875	646	17.000	147	4,39	55,38	0,045
Susedgrad	4.833.090	5.320	908	32.000	151	6,01	57,33	0,084
Remetinec (dio)	801.249	1.523	526	(8.000)	(100)	(5,3)	(25,0)	(0,032)
Ukupno grad Zagreb	113,365.595	87.023	1.303	460.000	246	5,29	288,93	0,392

U ukupnoj potrošnji električne energije učestvuju domaćinstva sa slijedećom strukturom (ocijenjeno):

	MWh	%
Rasvjeta	30.000	25
Kuhanje i priprema tople vode	60.000	50
Grijanje	12.000	10
Aparati (radio, TV, glačala, hladionici itd.)	18.000	15
Ukupno	120.000	100

Pregled potrošnje električne energije godine 1958. po općinama s karakterističnim podacima naveden je u tablici 3.[1]

3.2 Gradski plin

Struktura potrošnje plina 1958. dana je u tablici 4.

Struktura potrošnje plina 1958.

Tablica 4

Grupa potrošača	Potrošnja 1958.	
	10^3 m³	%
Domaćinstva	6.970	62,7
Obrt	871	7,8
Industrija	2.120	19,1
Ostalo	1.156	10,4
Ukupno	11.117	100,0

Pregled potrošnje plina u 1958. u domaćinstvu s karakterističnim podacima naveden je u tablici 5.

[1] Razlika između tablice 2 (120.388 MWh) i tablice 3 (113.365 MWh) zbog toga što je u tablici 2 uključen i dio potrošnje javnih objekata

Strukturu potrošnje plina u domaćinstvima po vrstama primjene dajemo u slijedećem pregledu:

	10^3 m³	%
Kuhanje	4.870	70
Priprema tople vode	1.630	23,5
Grijanje	320	4,5
Ostalo	147	2,0
Ukupno	6.967	100

3.3. Ostali oblici energije

Pod ostalim oblicima energije uzeta su u obzir:

kruta goriva: ogrjevno drvo
ugljen i
koks;
tekuća goriva: ulja za loženje;
tekući plin: propan-butan.

(Toplifikacija i zemni plin [izvorno] već su se koristili do 1958.).

Utvrđivanje potrošnje ovih oblika energije ima za cilj ,praćenje razvoja ukupne potrošnje i dobivanje osnove za utvrđivanje energetskog standarda stanovništva. Radi jednostavnosti prikazat ćemo ostale oblike energije u istoj grupi.

U cilju utvrđivanja potrošnje drva i ugljena za domaćinstvo bilo je potrebno izvršiti anketu u gradu Zagrebu, jer se na temelju drugih izvora nisu mogli dobiti dovoljno tačni podaci. Detaljni prikaz ankete bit će posebno objavljen. Pored rezultata ankete korišteni su i ostali zvanični statistički podaci, kao i

Pregled potrošnje plina u domaćinstvu godine 1958., po općinama

Tablica 5

Općina	Godišnja potrošnja m³	Broj stanovnika općine	Broj domaćinstava općine	Broj potrošača plina	Specifična godišnja potrošnja plina		
					m³/stanovnik	m³/domaćinstvo	m³/potrošač
Donji Grad	1,943.880	55.000	15.000	4.648	35,3	125,4	418
Gornji Grad	516.090	26.000	7.500	1.250	19,8	68,8	412
Medveščak	2,738.850	68.000	19.500	7.377	40,2	140,4	371
Maksimir	540.760	56.000	16.000	1.711	9,6	33,8	316
Črnomerec	907.930	53.000	15.000	2.632	17,1	60,5	345
Trešnjevka	141.820	73.000	21.000	553	1,94	6,7	256
Trnje	109.970	45.000	13.000	360	2,4	8,4	305
Pešćenica	67.766	17.000	5.000	156	4,0	13,5	434
Dubrava	—	17.000	5.000	—	—	—	—
Susedgrad	—	32.000	9.000	—	—	—	—
Ukupno	6,967.066	442.000	126.000	18.687	15,8	55,07	373

podaci trgovačke mreže, željeznice itd. Podaci ankete o potrošnji ogrjevnog drva i ugljena za domaćinstvo dani su u tablici 6.

Specifična potrošnja drva i ugljena za domaćinstva

Tablica 6

Godina	Broj članova u domaćinstvu	Prosječna potrošnja			
		drva		ugljena	
		pr. m/dom.	pr. m/stan.	t/dom.	t/stan.
1959.	3,2	2,9	0,9	1,7	0,5
1960.	3,2	2,7	0,8	1,6	0,5

Ukupna potrošnja drva, ugljena i tekućeg plina u domaćinstvima Zagreba obračunana iz ankete iznosi:

Ugljen	232 . 10^3 t
Drvo	380 . 10^3 pr. m
Tekući plin	390 t

3. 4. *Ukupna potrošnja energije*

U cilju promatranja dinamike potrošnje energije dajemo u tablici 7 pregled 5-godišnjeg razvoja ukupne potrošnje energije grada Zagreba.

Prikaz potrošnje energije na teritoriju grada Zagreba od 1954. do 1958.

Tablica. 7

Nosilac energije	Potrošnja u godini				
	1954.	1955.	1956.	1957.	1958.
Električna energija MWh	145.300	173.600	192.000	225.900	278.403
Gradski plin Nm^3 . 10^3	10.700	10.700	11.400	11.300	11.117
Ugljen i koks t	843.000	929.000	1,011.000	964.000	925.822
Ogrjevno drvo* pr. m	(711.000)	(739.000)	(775.000)	(575.000)	491.850
Butan-propan t	255	307	309	440	531
Zemni plin Nm^3 . 10^3	—	—	—	—	—

U tablici 8 dana je rekapitulacija za strukturu potrošnje energije u gradu Zagrebu u godini 1958. za domaćinstva.

* Ogrjevno drvo u periodu od 1954. do 1957. dobiveno je na temelju statističkih podataka, korigiranih prema rezultatima ankete iz 1959.

Struktura potrošnje energija u gradu Zagrebu 1958. za domaćinstva

Tablica 8

Nosilac energije	Jedinica	Domaćinstva	%
Električna energija	MWh	120.388	43
Gradski plin	Nm^3	6,967.066	63
Ugljen	t	232.000	24
Butan-propan	t	390	73
Ogrjevno drvo	pr. m	380.000	77

U tablici 9 prikazan je pregled potrošnje energije za domaćinstva grada Zagreba po općinama u naturalnim, a u tablici 10 u energetskim jedinicama.

Raspodjela potrošnje energije 1958. po općinama grada Grupa: domaćinstva (u naturalnim jedinicama)

Tablica 9

	Općina	Električna energija MWh	Gradski plin m^3	Ugljen t	Ogrjevno drvo pr. m
1	Črnomerec	17.050	907.930	27.500	41.000
2	Donji Grad	17.460	1,943.880	22.500	42.000
3	Gornji Grad	7.520	516.090	12.000	23.500
4	Maksimir	13.890	540.760	30.000	47.000
5	Medveščak	22.900	2,738.850	32.500	60.500
6	Pešćenica	3.560	67.766	7.500	12.500
7	Susedgrad	5.170	—	21.500	36.000
8	Trešnjevka	18.000	141.820	40.300	56.000
9	Trnje	11.340	109.970	24.000	35.000
10	Dubrava	2.640	—	13.500	25.500
11	Remetinec	295	—	700	1.000

3.5 *Ogrjevni standard stanovništva grada Zagreba 1958. za domaćinstva*

Da bismo dobili osnovu za perspektivna utvrđivanja potrošnje, bilo je potrebno izračunati prosječni ogrjevni standard stanovništva grada Zagreba, odnosno prosječni potrošak topline po stanovniku. Ovaj potrošak može se iskazati kao neto-potrošak ili bruto-potrošak.

Bruto-potrošak je ukupni potrošak koji otpada na jednog stanovnika, dok je neto-potrošak ona količina energije koju iskorištava jedan stanovnik. Odnos iskorištene prema ukupnoj predstavlja stepen iskorištenja. Da bi se sve vrste energije mogle svesti na istu osnovu, treba računati s neto-potrošnjom koju dobivamo iz bruto-energije preračunavanjem s obzirom na karakteristične osobine energije i opremu u kojoj se koristi.

Raspodjela potrošnje 1958. po općinama grada. Grupa: domaćinstva (u energetskim jedinicama)

Tablica 10

	Općina	Električna energija Tcal	Gradski plin Tcal	Ugljen Tcal	Drvo Tcal	Propan-butan Tcal	Ukupno Tcal	Broj stanovnika	Specifična potrošnja Tcal/stanovnika
1	Črnomerec	14,64	3,26	90,95	69,90	0,47	179,23	45.700	3,92
2	Donji Grad	15,00	7,00	74,55	71,50	0,23	168,28	46.500	3,62
3	Gornji Grad	6,50	1,86	39,82	40,00	0,23	88,41	23.000	3,84
4	Maksimir	11,91	1,94	99,57	80,00	0,57	193,99	47.400	4,10
5	Medveščak	19,70	9,85	107,57	103,00	0,30	240,42	67.400	3,66
6	Pešćenica	3,06	0,24	24,81	21,30	0,15	49,56	13.000	3,83
7	Susedgrad	4,45	0,00	71,55	61,30	0,46	137,76	34.100	4,04
8	Trešnjevka	15,49	0,51	133,60	95,40	0,61	245,61	64.100	3,82
9	Trnje	9,75	0,39	79,55	59,50	0,26	149,45	39.700	3,78
10	Dubrava	2,27	0,00	44,62	43,50	1,00	91,39	22.300	4,09
11	Remetinec	0,26	0,00	2,30	1,70	0,01	4,27	1.100	3,90
	Ukupno	103,04	25,05	768,89	647,10	4,29	1548,37	404.300	3,85

Ekvivalenti: ugljen 3,3 Mcal/kg; ogrjevno drvo 1,7 Gcal/pr. m; električna energija 860 kcal/kWh; gradski plin 3,6 Mcal/m^3; propan-butan 11,0 Mcal/kg

Struktura bruto-potrošnje energije u domaćinstvima grada Zagreba 1958. prema načinu primjene (naturalne jedinice)

Tablica 11

Vrsta energije	Jedinica	Ukupno	Grijanje	Kuhanje	Priprema tople vode	Ostalo
Električna energija	MWh	120.388	12.000	36.000	24.000	48.388
Gradski plin	m^3	6,967.066	320.000	4,870.000	1,630.000	147.000
Ugljen	t	232.000	161.700	40.200	30.100	—
Ogrjevno drvo	pr. m.	380.000	251.400	76.500	52.100	—
Butan-propan	t	390.000	—	350.000	40.000	—

Struktura bruto-potrošnje topline u domaćinstvima po načinu primjene dana je u tablici 11 izražena u naturalnim jedinicama, a u tablici 12 u energetskim jedinicama.

Struktura bruto-potrošnje energije u domaćinstvima grada Zagreba 1958. prema načinu primjene (energetske jedinice)

Tablica 12

Vrta energije	Ukupno Tcal	Grijanje Tcal	Kuhanje Tcal	Priprema tople vode Tcal
Električna energija	61,92*	10,32	30,96	20,64
Gradski plin	24,55*	1,15	17,53	5,87
Ugljen	768,63	535,77	133,19	99,69
Ogrjevno drvo	646,00	427,38	130,05	88,57
Butan-propan	4,29	0	3,85	0,44
Ukupno	1505,39	974,62	315,58	215,19

Struktura neto-potrošnje energije u domaćinstvu dana je u tablici 13 na bazi prosječnih stepena djelovanja potrošačke opreme prema njezinom tehničkom sastavu i stanju u 1958.

Utrošena neto-količina energije, odnosno za toplinske svrhe iskorištena energija u domaćinstvima grada Zagreba iznosila je u 1958. godini 569,35 Tcal.

Struktura neto-potrošnje energije u domaćinstvima grada Zagreba 1958. za toplinske svrhe (u naturalnim jedinicama)

Tablica 13

Vrsta energije	Ukupno		Grijanje		Kuhanje		Priprema tople vode	
		Tcal		Tcal		Tcal		Tcal
Električna energija	0,83	51,08	1,00	10,32	0,75	23,22	0,85	17,54
Gradski plin	0,64	15,84	0,80	0,92	0,60	10,52	0,75	4,40
Ugljen	0,36	273,86	0,40	214,00	0,15	19,99	0,40	39,87
Ogrjevno drvo	0,35	225,93	0,40	171,00	0,15	19,50	0,40	35,43
Butan-propan	0,61	2,64	0,80	0,00	0,60	2,31	0,75	0,35
Ukupno	0,38	569,35	0,51	396,24	0,26	75,54	0,45	97,57

Predvidiva struktura ukupne potrošnje električne energije grada Zagreba u 1970.

Tablica 14

Grupa potrošača	Potrošnja 1970. MWh	%
Domaćinstva	323.400	39,1
Industrija	381.000	46,1
Ostale djelatnosti	122.000	14,8
Ukupno	826.400	100,0

4.12 Raspodjela potrošnje električne energije domaćinstava grada Zagreba u 1970.

Raspodjela je izvršena na dva različita načina i to: analizom razvoja dosadašnje potrošnje u pojedinim

* Potrošnja električne energije za rasvjetu i kućanske aparate kao i gradskog plina za ostalo nije uračunana (vidi tablicu 11)

Prosječni stepen djelovanja potrošačke opreme iznosio je 0,38.

Na temelju 404.300 stanovnika izračunana neto-potrošnja po stanovniku iznosila je 1,41 Gcal/stan.

Na temelju bruto-utrošene količine energije prema tablici 12 izračunata bruto-potrošnja po stanovniku iznosila je 3,73 Gcal/stan.

4. PERSPEKTIVNI RAZVOJ POTROŠNJE ENERGIJE DO 1970.

4.1 Električna energija

4.11. Potrošnja električne energije 1970.

Predvidiva ukupna potrošnja električne energije u gradu Zagrebu u 1970. određena je na temelju dva kriterija i to: prema dosadašnjem razvoju potrošnje kroz proteklih 50 godina produženjem i postavljanjem trenda razvoja u budućnosti i prema urbanističkom planu razvoja objekata i stanovništva u gradu Zagrebu.

Rezultati su dani u tablici 14 za uže područje grada.

elektrorajonima i produženjem pravca razvoja u budućnosti i određivanjem vjerojatne potrošnje pojedinih organizacionih stambenih jedinica prema veličini stambenih objekata, čija je izgradnja predviđena urbanističkim planom.

Rezultati oba načina uglavnom se slažu, te je prema rezultatima obih metoda određena najvjerojatnija potrošnja domaćinstava u pojedinim dijelovima grada. Rezultati ove analize i karakteristike dani su u tablici 15, a struktura potrošnje električne energije u tablici 16.

4.2. Gradski i zemni plin

Pri izračunavanju perspektivne potrošnje u godini 1970. za potrebe domaćinstava uzete su slijedeće osnovne pretpostavke:

Karakteristike potrošnje električne energije 1970. u domaćinstvima po općinama grada Tablica 15

Općina	Površina stambenih jedinica	Broj stanovnika	Broj domaćinstava	Potrošnja	Potrošnja po stanovniku	Potrošnja po domaćinstvu	Potrošnja po m² površine organiz. jed.	Instalirana snaga	Instalirana snaga po stanovniku	Instalirana snaga po domaćinstvu	Instalirana snaga po m² površine org. jedinice	Maksimalno opterećenje
	ha			MWh	kWh/stan.	kWh/dom.	kWh/m²	kW	W/stanov.	W/domać.	W/m²	kW
Donji Grad	104	43000	13850	35856	830	2570	34,40	89550	2080	6450	86,1	15200
Gornji Grad	218	23300	7500	16217	695	2158	7,44	40450	1730	5360	18,5	7410
Medveščak	238	63900	20600	50559	792	2456	21,24	126396	1980	6140	53,1	20920
Maksimir	563	54000	17400	30337	561	1740	5,40	75850	1400	4350	13,5	12900
Črnomerec	313	44800	14450	32393	724	2240	10,30	81050	1800	5500	25,9	13500
Trešnjevka	713	80100	25830	42133	526	1630	5,91	105330	1315	4080	14,8	18780
Trnje	316	51900	16750	29865	576	1782	9,45	74654	1439	4460	23,6	13470
Pešćenica	209	24000	7750	10445	435	1350	5,00	26112	1090	3380	12,5	5130
Zagrebačka Dubrava	663	45100	14550	17166	380	1180	2,59	42914	950	2944	6,5	7540
Susedgrad	1205	61000	19720	23778	390	1210	1,98	59550	980	3130	5,0	10500
Remetinec (dio)	1196	92000	29690	34651	377	1170	2,90	86760	943	2922	7,3	14650
Ukupno grad Zagreb	5738	583100	188100	323400	555	1720	5,64	808616	1387	4300	14,1	140000

1. Broj potrošača (domaćinstava) u onim organizacionim jedinicama gdje već postoji mreža za gradski plin, povećat će se u već postojećim stambenim zgradama, neopskrbljenima ili samo djelomično opskrbljenima plinom i u novo sagrađenim stambenim zgradama.

Vjerojatna struktura potrošnje električne energije u domaćinstvu u 1970. prema namjeni

Tablica 16

Namjena	Udio u potrošnji domaćinstva %	Potrošnja 1970. MWh
Rasvjeta	18	58200
Kuhanje i priprema tople vode	57	184300
Grijanje prostorija	7	22700
Ostalo (mali aparati, glačala, pranje i hlađenje, radio i televizori)	18	58200
Ukupno	100	323400

2. Sadašnji specifični potrošak gradskog plina porast će na prosječno 500 m³/godišnje kod starih i kod novih konzumenata.

3. Postotak plinom opskrbljenih domaćinstava povećat će se tokom slijedećih 10 godina u novogradnjama na 50 — 80 % već prema lokaciji ovih stambenih objekata u odnosu na plinsku mrežu, mogućnost distribucije gradskog plina do dotičnih opskrbnih područja, tipu gradnje i dr.

4. U organizacionim jedinicama kod kojih se predviđa smanjenje broja stanovnika uzeta je u obzir i ova korektura.

U velikoj većini slučajeva, gdje nisu mogli biti uzeti u obzir specijalni faktori, porast potrošnje gradskog plina izračunan je po slijedećoj formuli:

$$P_{70} = 1{,}25 \cdot P_{60} \cdot \frac{s_{70}}{s_{60}} + \frac{k_{70} - k_{60}}{3{,}1} \cdot G \cdot \frac{s_{60} + s_{70}}{2}$$

gdje znači

P_{60} — godišnji potrošak plina 1960. u m³
P_{70} — perspektivni potrošak plina 1970. u m³
s_{60} — specifični potrošak plina 1960. po 1 domaćinstvu m³/god.
s_{70} — specifični potrošak plina 1970. po 1 domaćinstvu = 500 m³/god
k_{60} — broj potrošača gradskog plina 1960.
k_{70} — broj potrošača gradskog plina krajem 1970.
G — stepen gazifikacije domaćinstava (0,5 — 0,9)

U starogradnjama s uvedenom plinskom instalacijom, kao i u onima u kojima će se naknadno instalirati plinske naprave, predviđa se povećanje dosadašnjeg broja potrošača za 25 %.

U novim perspektivnim opskrbnim područjima (organizacionim jedinicama) perspektivni potrošak izračunan je većinom na taj način da je broj perspektivnih konzumenata u domaćinstvu pomnožen sa 500 kod gradskog, a sa 350 kod zemnog plina, koliko iznosi prosječni perspektivni specifični potrošak ovih plinova po 1 perspektivnom domaćinstvu krajem 1970.

Potrošak gradskog plina po namjeni dajemo za godinu 1960. u tablici 17. a za godinu 1970. u tablici 18.

Potrošak gradskog plina u domaćinstvu po namjeni 1960. i 1970.

Tablica 17

Godina 1960.

Namjena	Broj plinskih naprava	Specifični godišnji potrošak	Godišnji potrošak u m³	%
Kuhanje	22.000	300	6,600.000	66,2
Topla voda	6.000	360	2,160.000	21,7
Grijanje	1.800	600	1,080.000	10,8
Ostalo	350	370	130.000	1,3
Ukupno			9,970.000	100,0

Tablica 18

Godina 1970.

Namjena	Broj plinskih naprava	Specifični godišnji potrošak	Godišnji potrošak u m³	%
Kuhanje	34.000	300	10,400.000	61,2
Topla voda	10.000	360	3,600.000	21,2
Grijanje	5.000	600	3,000.000	17,6
Ostalo	—	—	—	—
Ukupno			17,000.000	100,0

4.3. *Toplane*

U nizu rješenja koja se primjenjuju u suvremenom snabdijevanju gradova toplinskom energijom, važno mjesto zauzima daljinsko grijanje iz toplana, gdje ta toplinska energija predstavlja sekundarni izvor pri proizvodnji električne energije.

Prema postojećim projektima koji se već danas nalaze u fazi ostvarenja na teritoriju grada Zagreba postojat će dvije toplane i to: Toplana Zagreb Istok (Žitnjak) i Toplana Zagreb Zapad (postojeća Termoelektrana).

Obje toplane opskrbljivat će toplinskom energijom domaćinstva i industriju na odgovarajućim područjima grada. Snabdijevanje ovom energijom dolazi u obzir za potrošače u postojećim objektima i u objektima koji se predviđaju za bližu ili dalju perspektivu.

Za varijantu na osnovi I etape izgradnje Toplane Zagreb Istok predviđena je orijentaciona struktura potrošnje topline iz Toplane prema tablici 19.

Raspodjela topline iz Toplane Zagreb Istok 1970.

Tablica 19

Općina	Domaćinstva	Industrija	Ostalo	Ukupno
	Tcal/god	Tcal/god	Tcal/god	Tcal/god
Donji Grad	2,00	—	29,05	31,05
Trnje	23.50	82,00	70,85	176,35
Pešćenica	5,50	317,00	6,10	328,60
Ukupno	31,00	399,00	106,00	536,00

Napomena. Potrošnja topline Novog Zagreba nije uključena

Perspektivna struktura potrošnje topline iz Toplane Zagreb Zapad dana je u tablici 20.

Struktura potrošnje topline iz Toplane Zagreb Zapad 1970.

Tablica 20

Vrsta	Domaćinstvo	Industrija	Ostalo	Ukupno
	Tcal/god	Tcal/god	Tcal/god	Tcal/god
Potrošači pare	3,6	103,8	72,6	108,0
Potrošači vrele vode	8,1	25,1	24,8	58,0
Ukupno	11,7	128,9	97,4	238,0

4.4. *Ostale vrste energije*

Količine ostale energije koje se sastoje uglavnom od ugljena, drva i tekućeg plina utvrdili smo indirektno preko ogrjevnog standarda stanovništva grada Zagreba. Naime, ako od ukupne potrošnje godine 1970. odbijemo potrošnju električne energije, plina i toplifikacione energije, koje smo utvrdili, ostatak predstavljaju ostale vrste energije.

Kod određivanja ove potrošnje uzeti su u obzir glavni faktori koji na to djeluju i to: porast broja stanovnika, porast potroška po stanovniku (ogrjevnog standarda), porast stepena iskorištenja toplinsko-energetske opreme.

1. Porast stanovništva

Podaci o porastu stanovništva dani su u poglavlju 2, tablici 1.

2. Porast ogrjevnog standarda

Porast ogrjevnog standarda bio je u periodu 1937. — 1953. u 9 najrazvijenijih zemalja Evrope manji od 1 % godišnje*. Ovdje su uključene, kako vidimo, ratne godine. Okolnost, da je poslije 1953, tj. nakon oporavka od posljedica rata, nastalo povećanje potrošnje, treba uzeti također u obzir pri ocjeni ovako niskog porasta. S obzirom na navedeno pretpostavili smo za Zagreb godišnji porast od 2 %.

Prema tome iznosit će neto-potrošnja po stanovniku (neto ogrjevni standard) grada Zagreba 1970:

$$1{,}41 \cdot 10^6 \cdot 1{,}02^{12} = 1{,}83 \cdot 10^6 \text{ kcal/stan.}$$

ili *1,83* Gcal/stan.

a ukupna godišnja neto-potrošnja iznosit će 1970:

$$1{,}83 \cdot 10^6 \cdot 583000 = 1070{,}0 \cdot 10^9 \text{ kcal/god}$$

ili *1070,0* Tcal/god.

Ova količina energije koristit će se kao toplinska energija. Energija za rasvjetu i kućanske aparate nije ovdje uključena.

* Trend of fuel consumption for household and domestic uses in Europe. Genève 1956 (UN).

Struktura neto-potrošnje i bruto-potrošnje energija za grad Zagreb godine 1970. za domaćinstva Tablica 21

Vrsta energije	Ukupno			Grijanje			Kuhanje			Priprema tople vode		
	neto	stepen iskor.	bruto	neto	stepen iskor.	bruto	neto	stepen iskor.	bruto	neto	stepen iskor.	bruto
	Tcal	%	Tcal	Tcal	%	Tcal	Tcal	%	Tcal	Tcal	%	Tcal
Električna energija	156,3	88	178,0	19,5	100	19,5	46,8	80	58,5	90,0	90	100,0
Gradski plin	43,8	68	64,6	9,1	80	11,4	23,7	60	39,5	11,0	80	13,7
Zemni plin	50,1	72	69,7	17,3	80	21,7	16,8	60	28,0	16,0	80	20,0
Tekući plin (propan-butan)	17,1	65	26,4	—	80	—	12,0	60	20,0	5,1	80	6,4
Ugljen	501,2	47	1051,7	456,6	50	913,2	10,7	20	53,5	33,9	40	85,0
Ogrjevno drvo	261,0	46	564,0	227,0	50	454,0	10,0	20	50,0	24,0	40	60,0
Toplane	40,5	95	42,7	40,5	95	42,7	—	—	—	—	—	—
Ukupno	1070,0	53	1997,1	770,0	53	1462,5	120.0	48	249,5	180,0	63	285,1

Opaska. U ovoj tablici nije predviđena upotreba topline iz toplane u općini Remetinec. Električna energija dana je u količini koja služi samo u termičke svrhe (207 MWh).

Struktura bruto-potrošnje energije u 1970. i usporedba s 1958. za domaćinstvo Tablica 22

	Vrsta energije	1958.				1970.			
		Ukupna potrošnja		Potrošnja po stanovniku		Ukupna potrošnja		Potrošnja po stanovniku	
		Tcal/god.	%	Mcal/stanov.	%	Tcal/god.	%	Mcal/stan.	%
1	Ugljen	768,6	51,0	1910	51,3	1051,7	52,6	1800	52,6
2	Ogrjevno drvo	646,0	43,0	1600	43,0	564,0	28,3	950	28,3
3	Butan-propan	4,3	0,3	16	0,3	26,4	1,3	45	1,3
	Ukupno 1 + 2 + 3	1418,9	94,3	3526	94,3	1642,1	82,2	2815	82,2
4	Električna energija	61,9	4,1	153	4,1	178,0	9,0	322	9,0
5	Gradski plin	24,5	1.6	61	1,6	64,6	3,2	111	3,2
6	Zemni plin	—	—	—	—	69,7	3,5	120	3,5
7	Toplane	—	—	—	—	42,7	2,1	73	2,1
	Ukupno 4 + 5 + 6 + 7	86,4	5,7	214	5,7	355,0	17,8	626	17,8
	Sveukupno	1505,3	100,0	3730	100,0	1997,1	100,0	3441	100,0

Ako usporedimo neto-potrošnju 1958. s potrošnjom godine 1970. dobit ćemo prosječni godišnji porast neto-potrošnje u gradu Zagrebu u periodu 1958. — 1970. od cca 5,5 %.

3. Porast stepena iskorištenja toplinsko-energetske opreme

Unapređenje tehničko-ekonomskih karakteristika toplinske opreme u gradu Zagrebu ne možemo očekivati u skokovitom razvoju. Promjena strukture energije u velikoj mjeri utječe na povećanje stepena djelovanja. Dinamika unošenja suvremenih peći i štednjaka za kruta goriva ima također osjetan upliv.

Prosječni stepen iskorištenja opreme za 1970. pretpostavljamo:

Za grijanje

električnom energijom	100 %
plinom	80 %
ugljenom i drvom	50 %

Za kuhanje

električnom energijom	80 %
plinom	60 %
ugljenom i drvom	20 %

Za pripremanje tople vode

električnom energijom	90 %
plinom	80 %
ugljenom i drvom	40 %

Time će se ukupni prosječni stepen iskorištenja termičke opreme sa 38 % u 1958. povećati na 53 % u godini 1970.

U tablici 21 dana je struktura neto-potrošnje i bruto-potrošnje energije.

Vidimo da bruto-potrošnja toplíne iznosi oko *1997* Tcal/god., iz čega proizlazi bruto-potrošnja po stanovniku (ogrjevni bruto standard) od *3,45* Gcal/stan.

Utvrđivanje ostalih vrsta energije u domaćinstvu grada Zagreba godine 1970.

Prema izloženom ukupna će bruto-potrošnja topline u domaćinstvima iznositi u 1970. godini 1997 Tcal/god. Od te će količine biti podmireno

električnom energijom	178,0 Tcal
gradskim plinom	64,6 Tcal
zemnim plinom	69,7 Tcal
iz toplane	42,7 Tcal
ukupno	355,0 Tcal

Na ostale vrste energija otpada prema tome oko *1642* Tcal/god.

Strukturu ostalih vrsta energija ocijenili smo na temelju opće tendencije kretanja pojedinih vrsta obzirom na prošli period i opću politiku usmjeravanja ovih vrsta energije. Možemo zaključiti da će potrošnja ogrjevnog drva i dalje imati tendenciju opadanja uz zamjenu sa sekundarnom energijom. Potrošnja ugljena ima tendenciju stagniranja, odnosno maloga porasta, dok potrošnja tekućih plinova tendenciju velikog porasta.

U tablici 22 dana je struktura potrošnje energija s uspoređenjem godina 1958. — 1970. po apsolutnom učešću pojedinih energija, kao i učešću po stanovniku.

Literatura

J. Lucati, Z. Selanec, H. Brkić, *Elaborat o perspektivnoj opskrbi energijom grada Zagreba.* Institut za elektroprivredu Zagreb, 1960.

J. Jerić i J. Keglević, *Perspektivna opskrba šireg područja grada Zagreba električnom energijom.* Zagreb, 1959/60.

B. Ribarić, *Perspektivna opskrba Zagreba gradskim i zemnim plinom.* Zagreb 1959/60.

Naslov pisca: Ing. Jakov Lucati, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

IZVEDBA PAROVODA NA ZAPADNOM DIJELU ZAGREBA

Nikola Grundman, Zagreb

U proljeće 1959. dovršena je u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu studija o postepenoj pretvorbi stare termoelektrane na zapadu Zagreba u toplanu. Tokom 1961. izvedeno je oko 5,37 km parovoda na području općine Črnomerec tako, da su u studenom iste godine priključeni prvi industrijski pogoni, a do konca kolovoza 1962. svi veći pogoni toga područja, uz istodobnu obustavu rada vlastitih kotlovnica. Strojarski i električni dio parovoda projektirao je »Mašinoprojekt«, a građevinski dio Institut za naftu. Radove su izvodili »Hidroelektra« i »Braća Kavurić«, Zagreb i »Termika«, Ljubljana. Parovod i uređaji u elektrani izvedeni su besprijekorno tako da je dobava pouzdana.

DK 621.182.697.34

UVOD

U proljeće 1959. bilo je utvrđeno, da postojeća termoelektrana u Zagrebu (Zagreb Zapad) može upotrijebiti slobodne kotlovne kapacitete za daljinsko grijanje uz cijenu oko 20 % nižu od cijene individualne opskrbe.

U tu je svrhu trebalo što prije ugraditi uređaje i izvesti toplovod.

Javljala se nadalje potreba, da se u II etapi rekonstrukcije termoelektrane u toplanu postavi još jedan kotao 50 t/h i protutlačni turboagregat od 2,5 MW [1].

I ZAMISAO I UZAJAMNA POTREBA

1. Intencije pretvorbe

Činjenica je da zagrebačka termoelektrana troši za proizvodnju 1 kWh samo za gorivo preko 10 dinara, i da ima dosta značajne i ostale stalne troškove. Zbog toga će se ona u budućnosti moći koristiti samo kao dopunska elektrana u sklopu elektroprivrednog sistema. Kada se otkloni elektroenergetsko grlo na njenoj rasklopnoj stanici, ova će elektrana biti u pogonu samo kod najveće nestašice električne energije, koja se pojavljuje u sušnim godinama. Time se kapacitet njenih kotlova najvećim dijelom potpuno oslobađa te se prema tomu može upotrijebiti za daljinsko snabdijevanje različitih industrijskih postrojenja, koja se nalaze na području općine Črnomerec toplinskom energijom u obliku pare. U budućnosti može ona eventualno služiti i kao ispomoć novoj toplani na Žitnjaku za toplovodno odnosno vrelovodno grijanje centralnog područja grada.

Račun korišćenja zagrebačke zapadne termoelektrane za daljinsko snabdijevanje toplinskom energijom, pokazao je ekonomičnost rekonstrukcije, pa su prema tomu postojali preduvjeti da se ona pretvori u Toplanu Zagreb Zapad (TZZ), kako bi na takav način doprinjela ekonomičnijem snabdijevanju grada Zagreba toplinskom energijom.

Osnovne tehničke i ekonomske karakteristike TZZ u sadašnjem stanju su slijedeće:

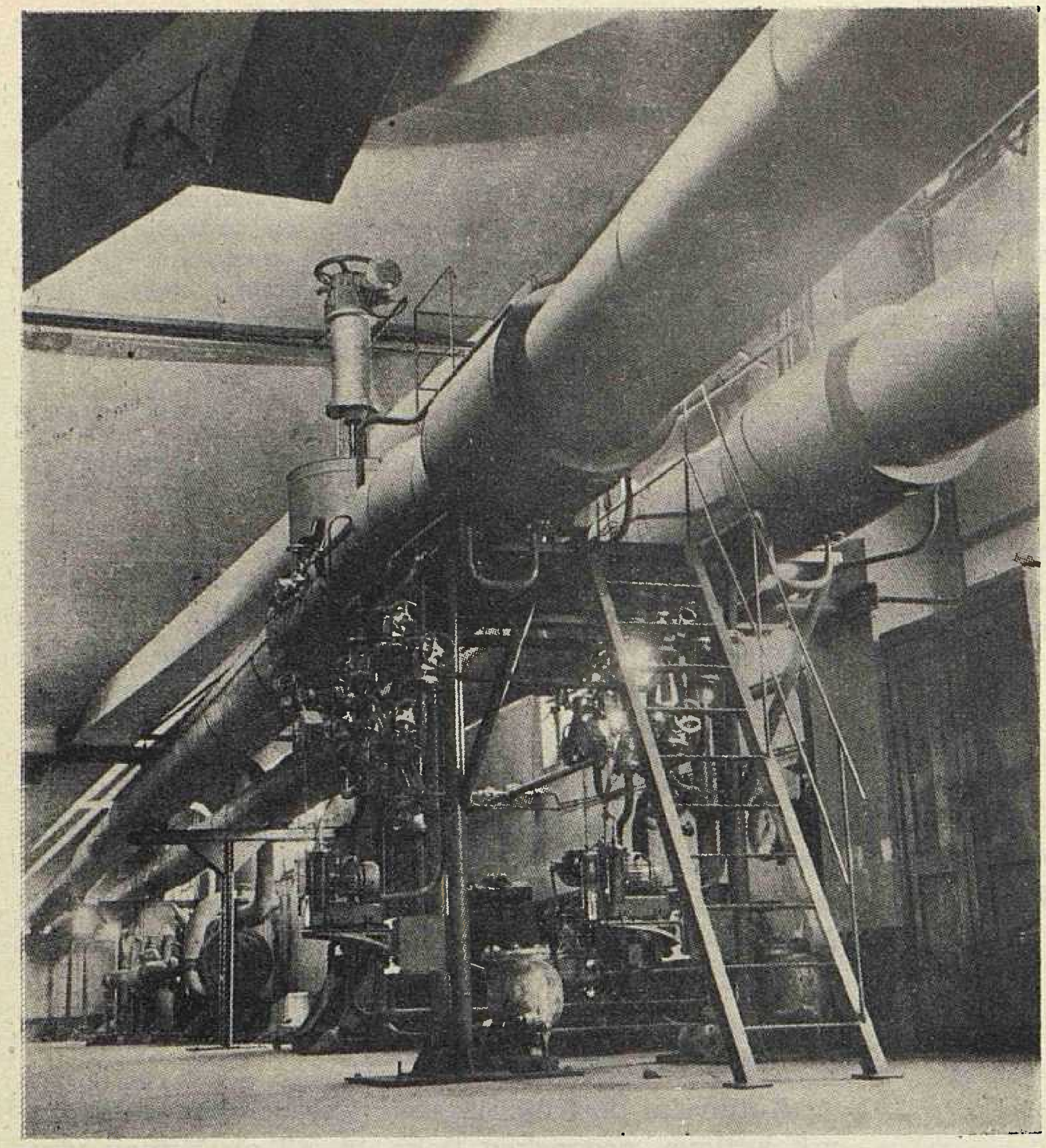
Kotlovsko postrojenje sastoji se od ukupno 5 parnih kotlova, pogonskog tlaka 16—17 at. Njihov ukupan kapacitet proizvodnje pare iznosi do 130 t/h kod normalnog, a do 150 t/h kod forsiranog pogona.

Turbinsko postrojenje ima tri agregata, čije su nominalne snage 16, 5 i 2,4 MW. Po odbitku vlastite potrošnje iznosi maksimalna moguća snaga na pragu elektrane do 20 MW, a pri normalnom radu 16 MW.

Potrošnja pare, zajedno sa zagrijavanjem napojne vode i slobodnim kotlovskim kapacitetom, u ovisnosti o opterećenju i broju kotlova u radu, prikazana je u narednoj tablici.



Sl. 1. Trasa parovoda 2 × NO 300 na području elektrane



Sl. 2. Stanica za automatsko hlađenje pare u elektrani

Oslobađanje kotlovskih kapaciteta u svrhu dobave pare

Korišćenje snage na pragu elektrane MW	Kotlovi u radu kom	Kapacitet kotlova t/h	Potrošnja pare t/h	Slobodna para t/h
20	5	130	130	0
18	5	130	120	10
14	5	130	90	40
6	4	100	40	60
0	3	75	5	70
0	4	95	5	90

Jakim forsiranjem može se dodavanjem većih količina mazuta povećati navedena proizvodnja pare za nekih 12 % no jer se kod toga kotlovi brže troše, to se može činiti samo u izuzetnim slučajevima.

Ukupan stupanj korisnog djelovanja kotlovnice, zajedno s gubicima pri loženju, iznosi 68,5 % (57,8 — 74,5 %).

Kotlovsko postrojenje je u relativno dobrom stanju te se, uz manje adaptacije, može očekivati, da će se u kotlovnici moći proizvesti još oko 100 milijuna tona pare. To znači, da bi bio osiguran normalan pogon za budućih 15 — 20 godina. S obzirom na to, nametala se, a djelomično je već i izvedena, rekonstrukcija Termoelektrane Zagreb Zapad i time jednim dijelom pretvorena u toplanu. Ona je namijenjena u prvom redu za pokrivanje konzuma, u neposrednoj blizini, na području općine Črnomerec.

2. Lokalni proizvođači pare za vlastite potrebe

Na području ove općine nalaze se industrijski pogoni, kao Tvornica »Pliva«, Tvornica za pamučnu industriju, Pivovara, Frank, nadalje dvije do tri bolnice i drugi objekti općedruštvenog značaja. Pored toga postoji još niz manjih potrošača među kojima treba spomenuti komunalne objekte, koji su kod projektne razrade bili evidentirani kao budući konzumenti iz mreže. Ukupna potrošnja pare za potrebe područja Črnomerec predviđena je za narednu 1963. godinu sa oko 70 t/h ili godišnje oko 250 tisuća tona pare.

Prema prikupljenim podacima, kod individualne proizvodnje potrebne pare u vlastitim kotlovnicama, bilo bi za područje općine Črnomerec potrebno

topline u gorivu	300 Tcal/g
novih investicija	300 milij. Din

Godišnji troškovi iznosili bi:

troškovi snage	100 milij. Din
troškovi energija	540 milij. Din
	640 milij. Din

Cijena pare i topline iznosila bi prosječno:

cijena pare C_p	2,5 Din/kg
cijena topline C_t [1]	4,0 Din/Mcal

Tehničko-ekonomske analize, odnos hidroelektrana i termoelektrana te pogonske karakteristike ovih posljednjih, pokazale su, da će nakon 1962, dakle nakon izgradnje novih elektroenergetskih postrojenja, zagrebačka termoelektrana — čiji radni troškovi iznose 10 — 11,45 Din/kWh — trebati raditi prosječno godišnje, s iskorišćenjem svoga kapaciteta, svega samo

400 t/g. Prema tomu ona bi morala postati ili čisto dopunska termoelektrana, ili bi se čak morala likvidirati ako bi se pokazalo, da se troškovi rada kod 400 t/g ne pokrivaju.

Nadalje se pokazalo analizom ukupnih troškova, da se držanje zagrebačke termoelektrane u hladnoj rezervi sa srednjim godišnjim korišćenjem od 400 t/g može eventualno isplatiti, ali samo, ako ona u vrijeme nestašice električne energije ima za mrežu raspoloživu snagu od 10 MW, računano na pragu elektrane.

Elektroprivredi Jugoslavije rentiralo bi se da za održavanje te rezerve za slučaj potrebe daje zagrebačkoj termoelektrani doprinos od 250 milijuna dinara godišnje, kao i iznos od 10 Din/kWh proizvedene električne energije na pragu elektrane, čime bi se tačno pokrili troškovi pogona i daljnjeg postojanja elektrane.

Kod garantirane snage od 20 MW na pragu, doprinos za snagu mogao bi se povećati do 300 milijuna Din/god., što se međutim ne može garantirati zbog mogućnosti ispada kotlova.

Prema tomu raspoloživa snaga od 10 MW može se uzeti kao realna vrijednost, kod koje će još ostati slobodni kotlovski kapaciteti od 40 t/h, koji bi bili dostatni za nužno pokriće opisanog konzuma na području općine Črnomerec za tehnološke svrhe.

3. Mogućnosti minimalne dobave pare iz kotlova TZZ

Iz navedenog slijedi, da bi termoelektrana Zagreb zapad, uz postojeće kotlovske kapacitete, mogla isporučivati 70—90 t/h pare, što odgovara količini topline od 50—60 Gcal u vrijeme kad ona proizvodi i električnu energiju. Kod sadašnjeg pogona međutim, s tehničkim minimumom od 6 MW, pri radu sa četiri kotla, preostaje još slobodan kotlovski kapacitet od 60 t/h te oko 40 Gcal/h, dok kod isporuke 10 MW električne energije u mrežu i uz rad svih pet kotlova u vrijeme nestašice električne energije u mreži, preostaje slobodan minimalan kotlovski kapacitet od 40 t/h tj. oko 30 Gcal/h.

Zbog navedene potrebe osiguranja minimalnih količina električne energije uz snagu od 14 MW, morala bi se dakle u I etapi isporuka energije iz elektrane do postavljanja još jednog parnog kotla ograničiti na garantirani minimum od oko 40 t/h pare.

U sadašnju parnu mrežu, može se para isporučivati samo direktno (reducirana odnosno ohlađena) iz kotlova. Međutim u II etapi, pri potpunoj pretvorbi termoelektrane u toplanu, uz postavljanje dopunskog šestog kotla i odgovarajuće parne turbine, mogla bi se parna mreža priključiti na protutlačnu turbinu. Time bi se znatno povećao koeficijent korisnog djelovanja postrojenja, a minimalna garantirana količina pare za mrežu iznosila bi i do 80 t/h pare odnosno 60 Gcal/h pare.

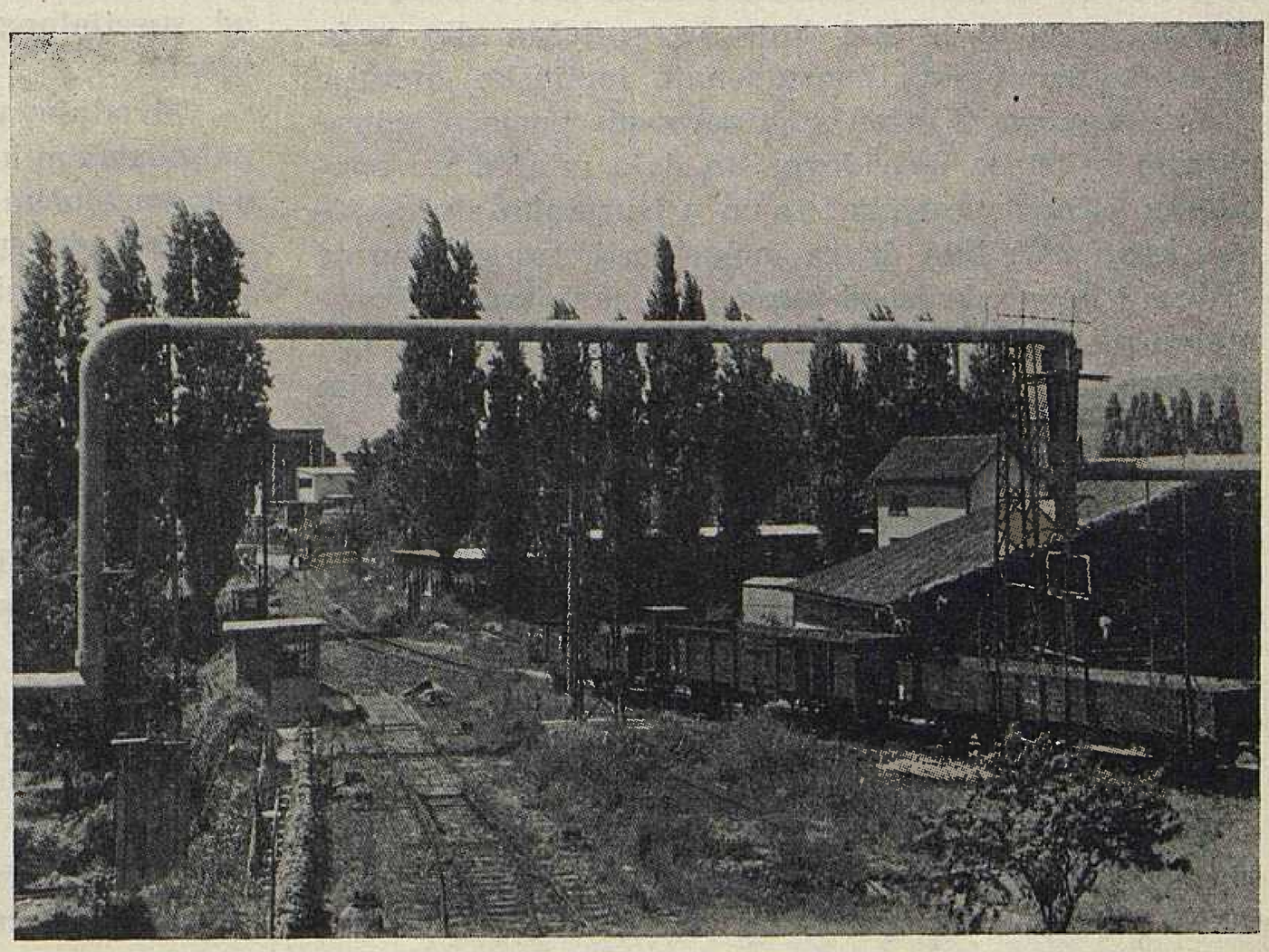
II IZVEDBA MREŽE

1. Uvjeti trasiranja

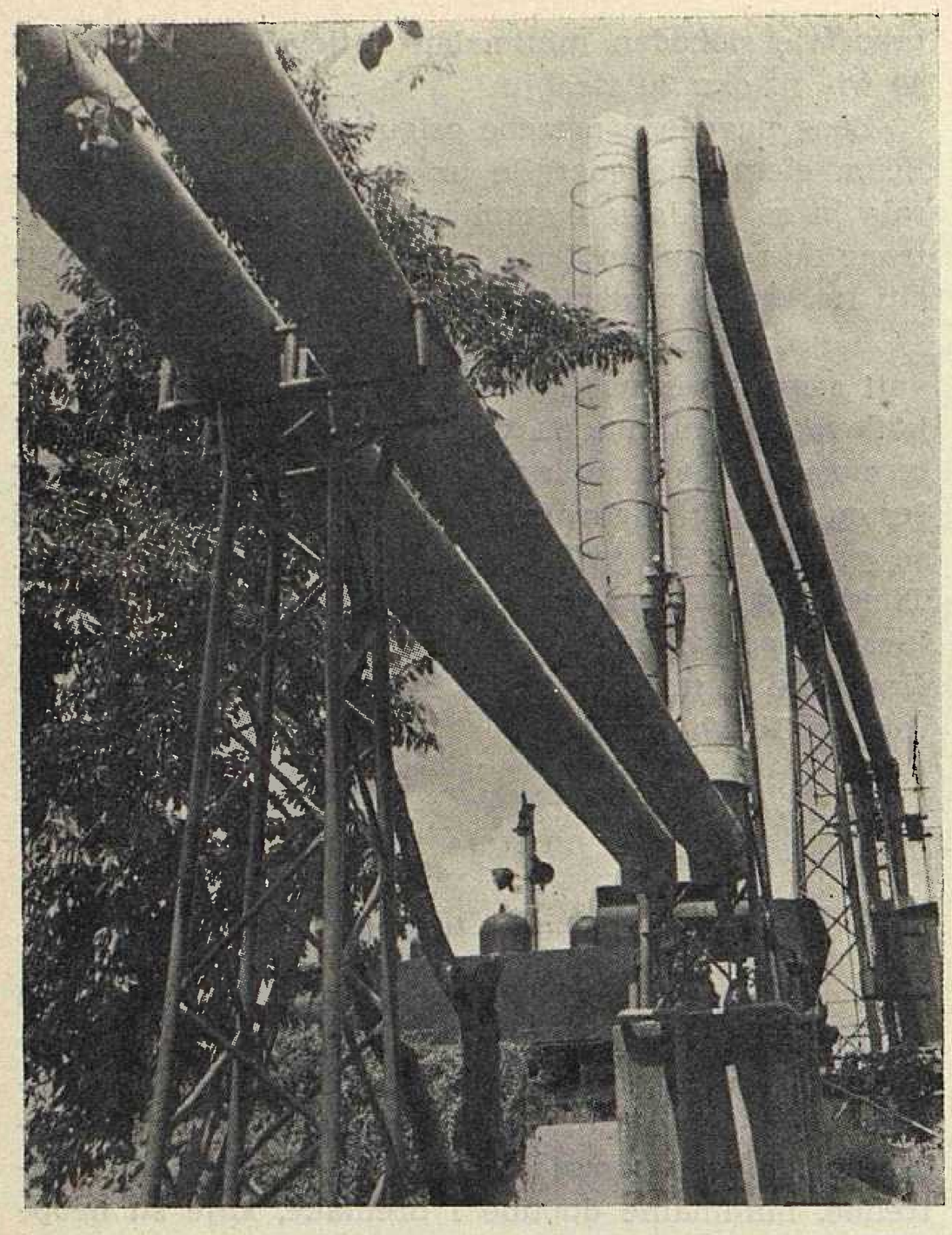
Ova izlaganja poslužila su kao odlučujuća osnova pri rješavanju pitanja snabdijevanja objekata na području općine Črnomerec toplinskom energijom iz elektrane, odn. iz centralne parne mreže. Kod toga je odlučeno, da se u samoj elektrani izvrše samo one potrebne, minimalne dopune i preinake, koje su neophodne za normalno funkcioniranje ove mreže.

Budući da je u sadašnjoj fazi parna mreža za snabdijevanje postojećeg konzuma na području općine Črnomerec većim dijelom već izvedena, daju se pojedini karakteristični podaci, koji se na nju odnose.

Kod određivanja trase mreže, nastojalo se u prvom redu da se što više smanje investiciona ulaganja, jer je snabdijevanje pojedinih konzumenata toplinskom energijom iz ove mreže rentabilno samo, ako je cijena toplinske energije, preuzete iz mreže, manja ili jednaka cijeni energije proizvedene u vlastitim kotlovnicama.



Sl. 3. Parovod 2 × NO 300 na prijelazu iznad industrijskog kolosijeka na području elektrane



Sl. 4. Detalj prijelaza parovoda 2 × NO 300 preko industrijskog kolosijeka

2. Tehnika izvedbe

S druge se pak strane nužno moralo voditi računa o postojećim gradskim podzemnim uređajima kao što su to plin, vodovod, kanalizacija, elektrika i telefon koji — kako se to utvrdilo u toku samih radova — znatno opterećuju teren ispod gradskih prometnih površina. Također se moralo udovoljiti zahtjevima gradskog Zavoda za urbanizam s obzirom na mogućnosti budućih pregradnji na pojedinim gradskim područjima. Te su prilike nametale izbor takve trase daljinskog parovoda, kod koje je pretežan dio voda smješten na objekte konzumenata toplinske energije i to uz mogućnost oslanjanja parovoda pomoću jednostavnih oslonaca uz zidove, što daje minimalnu specifičnu cijenu parovoda. Samo u izuzetnim slučajevima, kada nije bilo druge mogućnosti, projektiran je smještaj parovoda ispod terena, uz same gradske prometne površine, između cestovnih površina i postojećih zgrada, jer je ovaj potez manje zasićen postojećim uređajima gradskog gospodarstva.

Parna mreža smještena je u neprolazne armirane betonske kanale specijalne izvedbe, s hidroizolacijom, uz mogućnost posluživanja pojedinih dijelova mreže iz specijalnih armiranih betonskih šahtova, u koje se je u pravilu smještavala sekciona armatura, kao i automatski kondenzni lonci.

3. Lokacija potrošača

Osnovna trasa parovoda na području općine Črnomerec bila je određena lokacijom konzumenata 90—110 t/h pare iz ove mreže, od kojih su najvažniji:

»Pliva«, Tvornica farmaceutskih i kemijskih proizvoda;
»Tvorpam«, Tvornica za pamučnu industriju;
»Frank«, Industrija kavovina;
Zagrebačka pivovara;
Zagrebačka kartonaža;
»Jugoton«, Tvornica za proizvodnju gramofonskih ploča;
»Kamensko«, Tvornica odjevnih predmeta;
Tvornica gumenih proizvoda »Marijan Čavić«;
Opća bolnica dr M. Stojanovića, Vinogradska cesta;
Opća bolnica dr J. Kajfeša, Ulica Pavleka Miškine;
Zdravstvena stanica Općine Črnomerec;
Narodni odbor Općine Črnomerec

i pet važnijih objekata općenarodnog značaja.

Mreža je izvedena iz domaćih bešavnih cijevi, proizvodnje Željezare Sisak. Ona se sastoji od dvostrukog parovoda, svaki promjera 300 mm, na potezu od Elektrane do šahta br. 1 kod ograde tvornice »Frank«. Smještena je nadzemno, na željeznim stupovima, odnosno uz zidove postojećih industrijskih objekata. U šahtu br. 1 trasa se parovoda grana za potrošače zapadnog poteza (u smjeru Tvornice »Pliva«) i za potrošače sjevernog poteza (u smjeru Opće bolnice dr J. Kajfeša). Svaki se potez sastoji od magistralnog voda 300—200 mm promjera s odgovarajućim priključnim vodovima.

Tamo gdje prolaze ispod javnih gradskih prometnih površina parovodi su smješteni u podzemne kanale sa šahtovima, a na područjima konzumenata, nadzemno visoko uz zidove.

4. Dilatacija, izolacija, odvodnja, odzračivanje i zasićivanje

Termičke dilatacije parne mreže kompenziraju se, gdje je to moguće, prirodnim vođenjem cjevovoda, a u ostalim slučajevima pomoću specijalnih kompenzatora.

Parovodna mreža izolirana je specijalnom toplinskom izolacijom, čiji je koeficijent vodljivosti topline $\lambda = 0{,}04 — 0{,}07$ kcal/h na m², s vanjskom oplatom od specijalnog pocinčanog lima, s naknadnim ličenjem.

Odvodnjavanje mreže osigurano je specijalnim automatskim kondenznim loncima, koji su ugrađeni na odgovarajućim najnižim tačkama mreže. Njihov je zadatak, da sprečavaju sakupljanja vode u parovodu, kako ne bi došlo do hidrauličkih udaraca, koji bi mogli oštetiti mrežu.

Za odzračivanje mreže i za sprečavanje stvaranja vakuuma u parovodu predviđeni su specijalni automatski ventili.

Iz slike se može uočiti priključni čvor parovoda u kotlovnici Elektrane, gdje su ujedno ugrađene dvije automatske stanice za zasićavanje pare, koja na izlazu iz kotlova može imati temperaturu do 390° C, a pothlađuje se (pomoću kondenzata odnosno pojne vode) do potrebnih pogonskih temperatura 220 — 240° C, koje su uvjetovane tehnološkim procesom pojedinih konzumenata.

Za transformaciju parametara pare, koja se oduzima iz mreže za potrebe pojedinih konzumenata, pred-

viđene su specijalne redukcione odnosno redukciono-zasićivajuće stanice, u kojima se pomoću odgovarajuće automatike snizuje pogonski tlak odnosno temperatura pare.

5. *Značajniji detalji izvedbe*

Između pojedinih dionica treba istaknuti dionice parne mreže na prolazu kroz područje same Elektrane, iznad industrijskog kolosijeka, kako je to prikazano na slici. Visinske razlike trase iskorišćene su za postavljanje specijalnih kompenzirajućih uređaja, koji služe za kompenzaciju termičkih dilatacija mreže. Na ovom mjestu one iznose do 400 mm. Pored toga interesantan je čvor parovoda na potezu iznad Zagorske ulice, Gradske carinarnice i željezničke pruge Zagreb — Ljubljana, u blizini prolaza na Vodovodnu ulicu. Tu su dva parovoda, svaki nazivnog promjera 300 mm, smještena na željeznim mostovima, u visini od oko 6,5 m, koji su izrađeni kao varena konstrukcija od bešavnih cijevi.

Kao primjer korišćenja slobodno vođenih cijevi za prirodnu kompenzaciju termičkih dilatacija parovoda mogao bi se navesti dvostruki parovod sa smještajem na postojećim zidovima industrijskih objekata na području Tvornice kavovina »Frank« (vidi sliku).

Na mjestu, gdje vođenju parnih cijevi u podzemnom smještaju smeta postojeći slivni kolektor potoka Kuniščak, kao što je to ublizini Zadravstvene stanice Općine Črnomerec, uz ulicu Ive Lole Ribara, izrađen je zbog obilaska kolektora specijalni dvostruki betonski šaht s donjim spojnim betonskim kanalom, smještenim u dubini od oko 6,5 m ispod razine terena. On ujedno služi za smještaj dvaju specijalnih kompenzatora, koji omogućuju kompenzaciju termičkih dilatacija parovoda od ukupno 950 mm. U ovom su šahtu također smješteni automatski kondenzni lonci za odvajanje kondenzata iz parne mreže. Budući da se dno šahta nalazi ispod nivoa gradske kanalizacije, predviđene su specijalne pumpe s automaskim sklopkama za prepumpavanje otpadnih voda u gradsku kanalizaciju.

Na parovodu za konzumente sjevernog područja izvedena su između ostalog dva veća dvostruka šahta betonske konstrukcije, svaki u dubini od 6,5 m ispod terena. Oni se nalaze ispod ulice Ive Lole Ribara, u Ilici te u Ulici X Korpusa. Od ovih šahtova treba istaći onaj, koji prolazi ispod Ilice kod ulaza u Zagrebačku pivovaru i dugačak je ukupno oko 22 m. Oprema ovog šahta ista je kao onoga uz Zdravstvenu stanicu.

Ovakvi su šahtovi bili potrebni, jer na ovom mjestu Ilice ima mnogo podzemnih gradskih uređaja.

Šahtove kao i druge građevne elemente parovoda izvelo je poduzeće Hidroelektra, Zagreb, i to na specijalan minerski način, kod kojega je sam iskop prolaznog horizontalnog tunela dimenzije 1,8 × 1,8 m izveden tako, da nije trebalo obustaviti promet Ilicom. Šta više, neupućeni nisu ni primjećivali, da se ovi radovi uopće izvode.

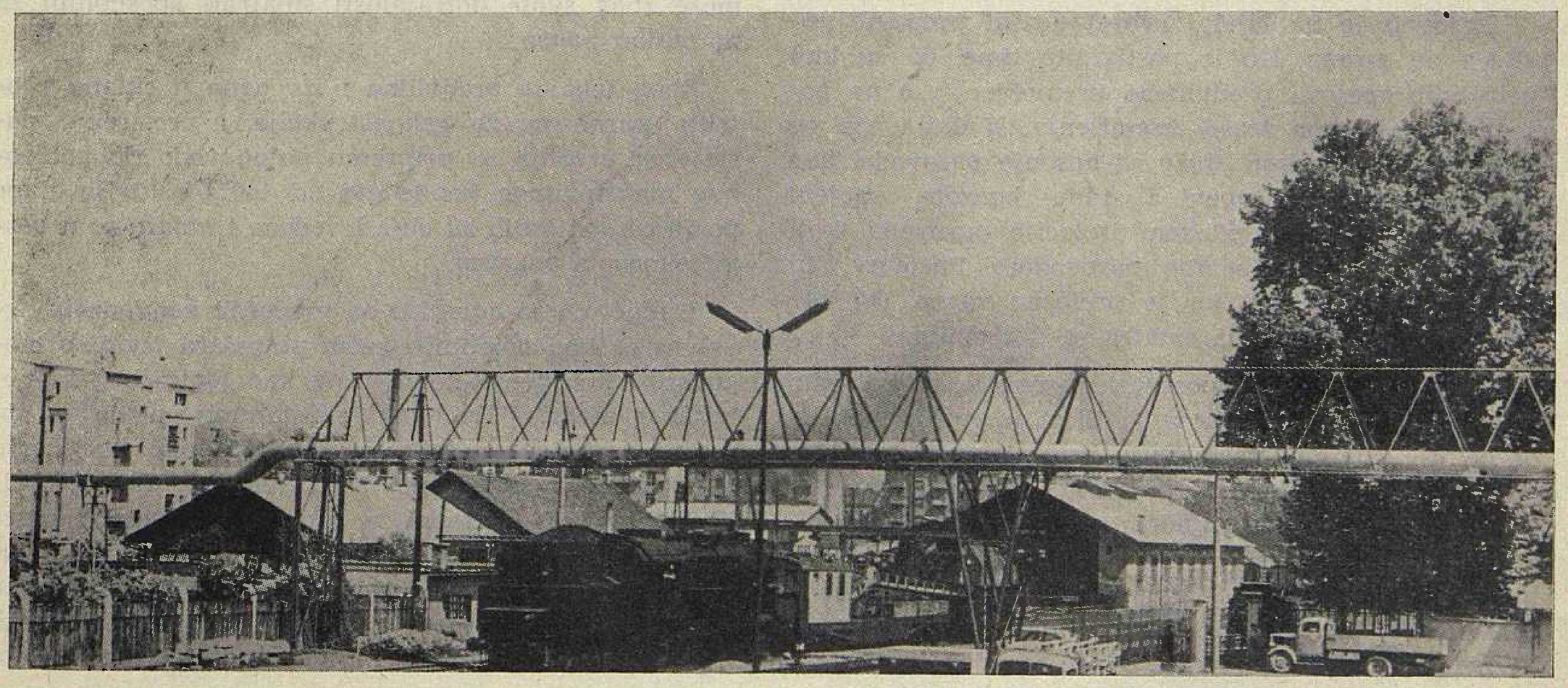
Specijalan armirani betonski šaht u Ulici X Korpusa predviđen je također za obilaženje potoka Kuniščaka te je u svemu sličan prvo navedenome.

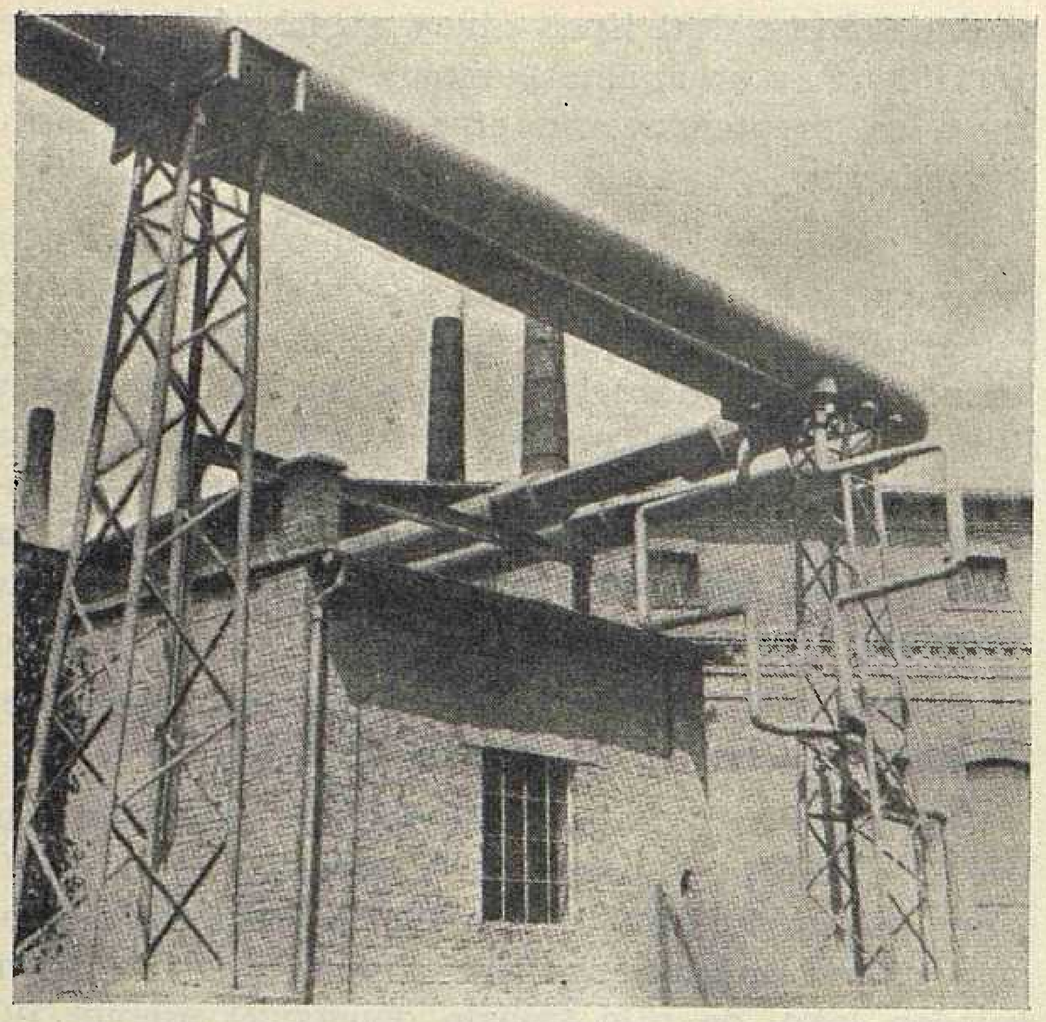
U betonskom šahtu smješteni su specijalni kompenzatori, koji služe za kompenzaciju termičkih dilatacija trase parovoda na potezu od Ulice X Korpusa do Ulice Pavleka Miškine. One iznose ukupno oko 550 — 600 mm.

6. *Oduzimanje pare*

Predviđeno je oduzimanje pare za parnu mrežu na dva mjesta od postojećeg sabirnog voda kotlovnice i to pomoću dvostrukog parovoda po 300 mm promjera. Takvo oduzimanje predviđeno je zbog veće pogonske sigurnosti.

Sl. 5. Most za smještaj parovoda 2 × NO 300 preko željezničke pruge Zagreb — Ljubljana





Sl. 6. Detalj smještaja parovoda 2 × NO 300 s ugrađenaim specijalnim kompenzatorima na području tvornice »Frank«

Prije izlaska iz Elektrane para prolazi kroz dva zasićivača, svaki kapaciteta 60 t/h. Oni su smješteni na koti bunkerske galerije na željeznoj konstrukciji, s koje se mogu posluživati. Temperatura se regulira automatski pomoću specijalnih uređaja.

Za stalno mjerenje ukupne količine isporučene pare iz kotlovnice u mrežu, ugrađene su u parovod mjerne prigušnice s uređajem za registraciju količina. Prigušnice i uređaje izradilo je poduzeće »Braća Kavurić«, Zagreb.

Za automatsko dovođenje rashladne vode iz kotlovnice (iz voda povratnog kondenzata ili dovoda pojne vode) predviđeni su automatski ventili s automatskim regulacijama od termoregulatora, koji su ugrađeni u parovod, nakon zasićivača.

7. *Instalacija gromobrana*

Parovod je na cijeloj svojoj dužini propisno zaštićen od groma, što je postignuto time, da su kod prirubnih spojeva predviđena premošćenja, a na pojedinim mjestima trase, uzemljenja. Nadalje, svi su metalni dijelovi, koji služe za nošenje parovoda, kao čelični mostovi, stupovi i zidne konzole, spojeni vodljivo s limenim plaštem izolacije parovoda, koji je, opet, spojen sa samim parovodom. Parovod čini kontinuiranu cjelinu, jer je pretežno varen. Ovakav način zaštite od groma smatra se dostatnim.

Posebna je pažnja posvećena uzemljenju na svim onim mjestima, gdje parovod ulazi u zemlju i izlazi iz zemlje. Spojevi uzemljenja provedeni su pocinčanom čeličnom trakom 25 × 4 mm. Kao spojni materijal upotrebljeni su mjedeni pocinčani vijci. Uzemljenja su provedena s pločastim uzemljivačima od pocinčanog čeličnog lima približnih dimenzija 1000/1000/3, ili pak jednakovrijednim cijevnim uzemljivačima. Otpor uzemljenja bio je određen u ovisnosti o vodljivosti tla na temelju postojećih propisa za gromobranske instalacije.

U podzemnim šahtovima, gdje su instalirane specijalne pumpe za izbacivanje otpadne vode, izvedena je odgovarajuća električna instalacija s rasvjetom.

8. *Priključci potrošača*

Priključak potrošača na parnu mrežu izveden je tako, da je u priključni vod kod potrošača ugrađen specijalni redukcioni zasićivajući ili samoredukcioni ventil, pomoću kojeg je moguće automatsko snižavanje tlaka i temperature potrošne pare do parametara, potrebnih odnosnom potrošaču.

Kao rashladna voda za ubrizgavanje u ventile služi otpadni kondenzat pare, koja se sakuplja u posebnom rezervoaru te dodaje u osnovni zasićivač pare pomoću pumpi i automatskog ventila, gdje se ubrizgava u potrebnim količinama izravno u paru.

Za mjerenje potrošenih količina pare kod potrošača, ugrađene su u priključni vod mjerne prigušnice s pokazivačima potrošenih količina pare i brojilima. Za registraciju tlaka i temperature pare postavljeni su na odgovarajućim mjestima termometri odnosno manometri.

9. *Vraćanje iskorišćenog kondenzata*

Kako se zbog velike površinske rasprostranjenosti mreže, kao i uslijed većih visinskih razlika trase, ne može osigurati konstantna zapunjenost kondenzne mreže, i nema sigurnosti od korozije, odustalo se od vraćanja kondezata u Elektranu, i prešlo se na korištenje topline kondenzata i eventualno korišćenje njegovih kemijskih svojstava kod pojedinih potrošača, prema mjesnim mogućnostima.

Ovdje treba istaći da i kod vraćanja kondenzata, ipak treba izvesti odgovarajuće čistilo pojne vode u Elektrani, jer ne bi bilo sigurno, da bi se kondenzat vraćao od potrošača u stanju, upotrebljivom za napajanje kotlova. S druge se pak strane, postojeći takav uređaj u Elektrani (nedostatnog kapaciteta), ne može zbog svoje dotrajalosti smatrati sposobnim za normalan pogon.

Zbog toga je predviđna i izvedena u sklopu projekta parne mreže rekonstrukcija i proširenje postojećeg uređaja za pripremu pojne vode do potrebnog maksimalnog kapaciteta od 140 t/h (dvije etape po 70 t/h, od kojih su obje izvedene i nalaze se u besprijekornom pogonu).

Budući da se odustalo od vraćanja kondenzata, izvršeni su kod pojedinih većih potrošača izvidi o mogućnosti korištenja kondenzata kao toplinskog ili kemijskog medija. Pri tome je ustanovljeno, da — općenito uzevši — neće biti poteškoća oko korišćenja kondenzata za svrhe tehnoloških procesa. Tako je prilikom izvida u Tvornici za pamučnu industriju utvrđeno, da tvornica sada konstantno tokom čitave godine priprema iz bunarske vode 35 m^3/h tehnološke vode, u specijalnom uređaju, uz cijenu od 40 Din/m^3. Kod korišćenja oko 10 m^3/h povratnog kondenzata

same Tvornice, te daljnjih 15 m³/h, koji bi se eventualno mogli dovesti iz susjedne tvornice »Pliva« uz minimalne troškove, otpala bi potreba pripreme ekvivalentne količine sirove vode iz zdenca.

Slična je situacija i u ostalim industrijskim objektima ili pogonima.

U komunalnim pak objektima javlja se mogućnost korišćenja kondenzata za zagrijavanje, a u nekim drugim objektima mogao bi se koristiti u različitim praonicama.

10. Priprema u toplani

Rekonstruirani uređaji za privremu pojne vode u Elektrani predviđeni su za ukupan kapacitet od 140 t/h, a sastoje se iz dekarbonizacije sirove vode vapnenim mlijekom, gustoće od 3 — 5 Be, koja se dodaje specijalnim regulacionim membranskim pumpama, uslijed čega otpadaju zasićivači dekarbonizacije. Oni se koriste kao reakcione posude (jer se već nalaze u sklopu postojećeg dijela čistila).

Dekarbonizirana voda otječe iz reaktora u akumulacioni rezervoar zapremnine oko 300 m³, kojemu je svrha da osigura potrebne količine dekarbonizirane vode kad uređaj ne radi (kod pranja filtera, odmuljivanja reaktora i sl.). Dekarbonizirana voda tlači se pumpanjem u uređaj za omekšavanje pomoću ionskih filtera.

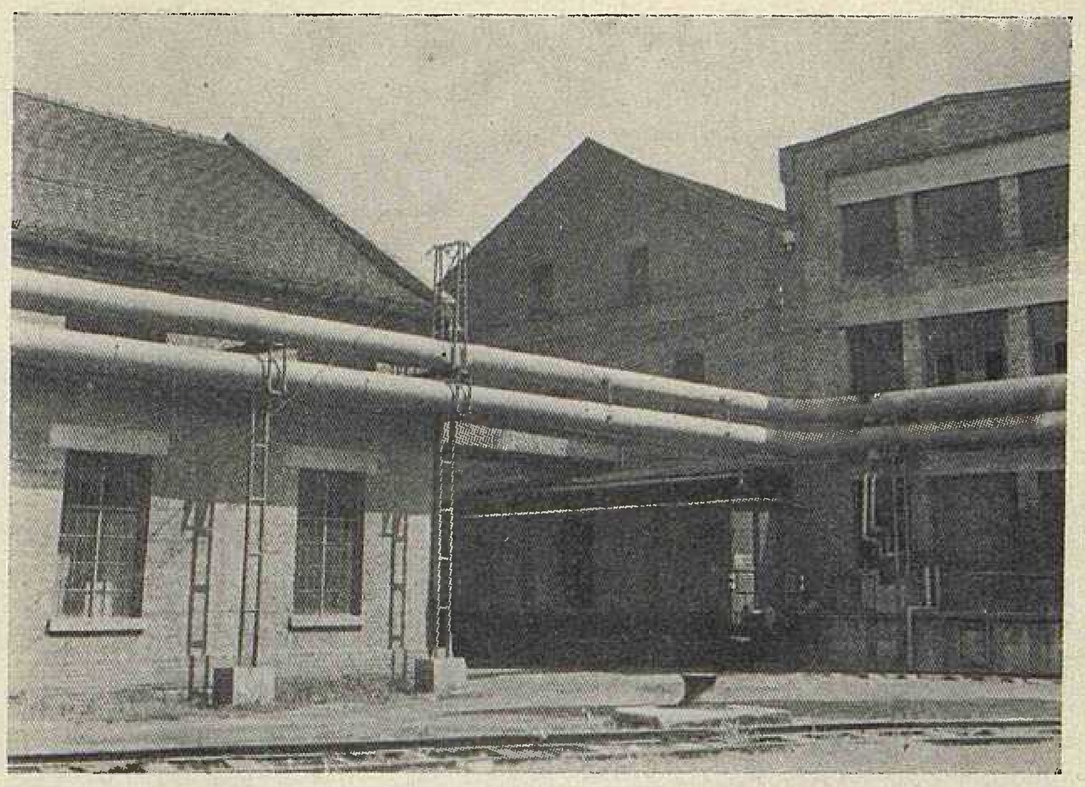
Tok omekšavanja sastoji se iz tlačenja dekarbonizirane filtrirane vode kroz ionske filtere. Zasićena ionska masa regulira se pretlačenjem i razređivanjem koncentrata otopine kuhinjske soli pomoću pumpi preko iscrpljene ionske mase. Kod ovakvog načina omekšavanja postiže se omekšana voda tvrdoće 0—1⁰ N.

Omekšana voda, iza ionskih filtera, protječe hladionikom odmuljene kotlovske vode, a zatim zagrijačem tako, da ulazi u tlačni otplinjivač s temperaturom od oko 80⁰ C. Otplinjena napojna voda, sa sadržajem kisika manjim od 0,1 mg/l, sakuplja se u napojnom rezervoaru, u kojem se kondenzira dodatkom otopine kiselog fosfata, čime se smanjuje alkalitet kotlovske vode, a time i postotak konstantnog odmuljivanja kotlova. Otplinjavanje napojne vode se direktnim miješanjem svježe pare temperature 105⁰ C, koju konstantno drži specijalan regulacioni ventil.

11. Tok radova i prva potrošnja

Radovi na trasi započeti su u svibnju 1961, dok je prvi potrošač, Tvornica »Pliva«, 1,5 km udaljena od Elektrane, počeo trošiti paru iz mreže 15. 11. 1961. U razdoblju do sredine 1962. priključeni su na mrežu uz potpunu obustavu vlastitih kotlovnica, Tvornica »Frank«, gdje se para između ostalog troši izravno za pogon parnog stroja, zatim Zagrebačka pivovara, Tvornica »Jugoton« i još jedan važniji objekat općenarodnog značaja, u udaljenosti od 2,3 km od Elektrane.

U mjesecu kolovozu 1962. priključuje se Tvornica za pamučnu industriju (Tvorpam), Tvornica gumenih proizvoda »Marijan Čavić«, Tvornica »Unitas«, Tvornica »Kamensko« i Zdravstvena stanica Črnomerec.



Sl. 7. Primjer zavješenja parovoda 2 × NO 300 na čeličnim užetima između tvorničkih hala

12. Projektanti i izvađači

Za ovu izvedbu bila je izrađena tehnička dokumentacija, koja se sastoji od investicionog programa, idejnog i glavnog projekta, strojarskog, električnog i građevnog dijela.

Strojarski, električni i ekonomski dio dokumentacije izradio je »Mašinoprojekt«, a građevinski dio projekta Institut za naftu u Zagrebu. Geodetske radove izveo je Geodetski zavod NO Zagreb. Građevinske radove izvodilo je poduzeće Hidroelektra, a uređaje su montirala poduzeća »Braća Kavurić« Zagreb i »Termika« Ljubljana.

III SPECIFIČNE INVESTICIJE I CIJENE TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ponderirane specifične investicije iznose 99.500 Din/m, a kreću se od 50.000 do 164.000 Din/m.

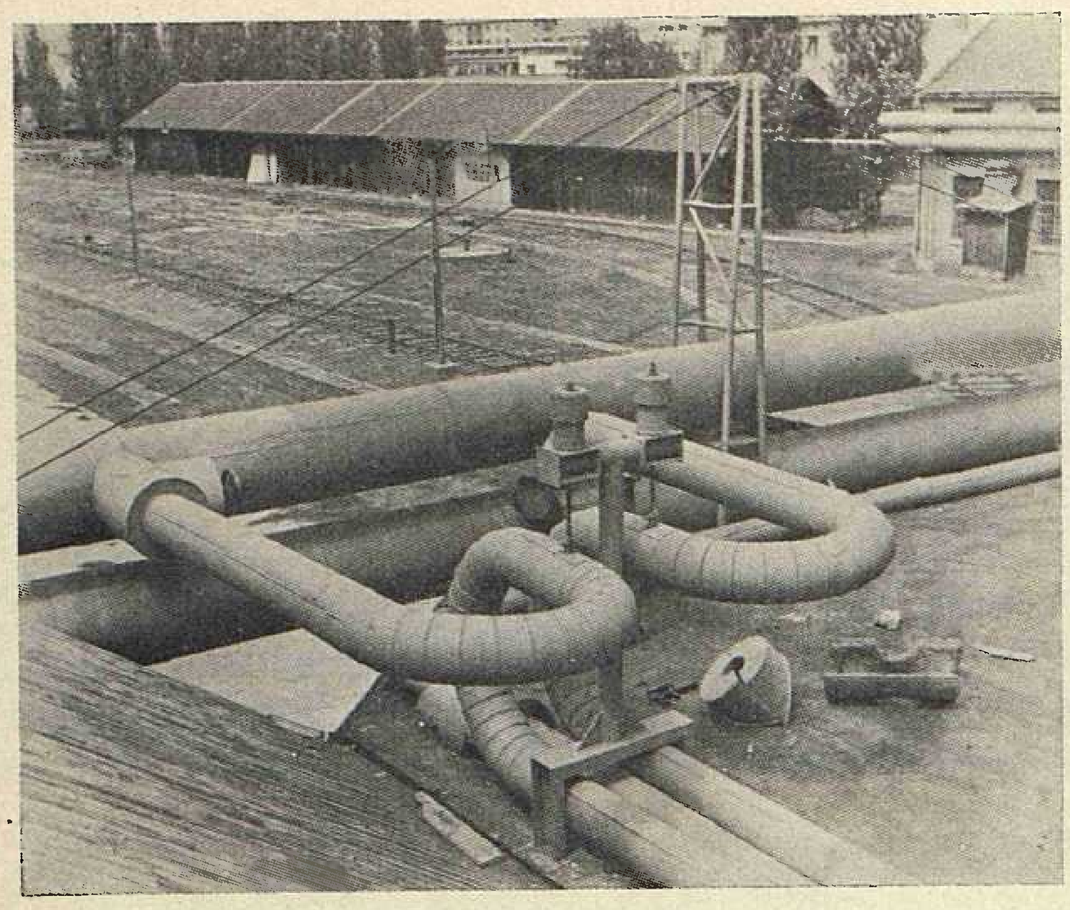
Specifične investicije pojedinih dionica parovoda

Dionica	10^3 Din/m
Područje Elektrane (bez čistila vode)	400
Elektrana — Tvornica Frank	164
Tvornica Frank — šaht br. 1	100
Šaht br. 1 — Zagrebačka pivovara	110
Zagrebačka pivovara — Bolnica Dr Stojanovića	62
Zagrebačka pivovara — šaht br. 13	56
Šaht br. 13 — šaht br. 16	100
Šaht br. 16 — šaht br. 20	74
Šaht br. 20 — Bolnica Dr. Kajfeša	63
Šaht br. 1 — šaht br. 2	90
Šaht br. 2 — šaht br. 3	105
Šaht br. 3 — Tvorpam	50
Tvorpam — Tvornica »Pliva«	64

(Ukupne investicije parovoda predviđene su sa 535 milijuna dinara za izvedbu parovoda u dužini od 5,37 km)

Prva vrsta investicija odnosi se na dionice gdje je parovod izveden nadzemno (u cjelini ili najvećim dijelom), a potonje specifične investicije odnose se na dionice gdje je prevladavala podzemna izvedba parovoda.

Red veličine ostvarenih investiranja korespondira s ovim predviđanjem. Investiranje samog parovoda još je u toku. Danas se primjećuje izvjestan pomak na teret investiranja u čistilu vode, a u korist izvedbe parovoda.



Sl. 8. Tipski priključak potrošača s prirodnom kompenzacijom, na parovod 2 × NO 300

Godišnji troškovi proizvodnje i proizvodnih cijena toplinske i električne energije u prosječnoj pogonskoj godini pri dobavi pare potrošačima I etape

Predviđanja iz polovice 1960.

	Ukupno	od toga energija	
		toplinska	električna
	milijuna dinara		
Stalni troškovi	397,5	174,5	223,0
Troškovi rada	782,5	342,9	439,6
Ukupno	1.180,0	517,4	662,6
Proizvodna cijena prag potrošača odnosno elektrane		Din/kg 3,09	Din/kWh 16,70
Od toga			
stalni troškovi		1,04	5,60
troškovi rada		2,05	11,10

Pri tomu je predviđena dobava topline od 167 000 t i 39,6 GWh. Vlastita potrošnja električne energije 14 %, gubici u toplovodu 12 %.

Iskazane proizvodne cijene odnose se na prosječnu pogonsku godinu. U prvim godinama pogona one će za paru biti nešto niže. Tada neće biti nužno investiciono uzdržavati novoizgrađenu toplinsku mrežu i uređaje. Iskustva s toplovodom Končar pokazuju, da oslobađanje stavke uzdržavanja iz stalnih troškova dobave traje niz godina.

Na taj se način troškovi za dobavu pare Črnomerec u prvim godinama pogona snizuju:

u prvoj, A etapi za 5 para/kg;
u prvoj konačnoj etapi za 3 pare/kg;
u drugoj etapi također za 3 pare/kg.

Time se proizvodna cijena dobave toplinske energije na pragu potrošača snizuje u prvim godinama pogona na:

3,27 Din/kg već ugovorenim potrošačima;
3,06 Din/kg potrošačima I etape;
3,04 Din/kg potrošačima I i II etape.

Iz naprijed prikazanih cijena izlazi, da Elektrana u ovoj početnoj fazi proizvodnje energije u toplinske svrhe može, obostrano korisno, dobavljati toplinsku energiju okolnoj industriji i drugim velepotrošačima, uz postepeno opadanje proizvodnje električne energije, iako je ovdje izvorno korišćena a ne prerađena toplina (bez oduzimanja na turbinama).

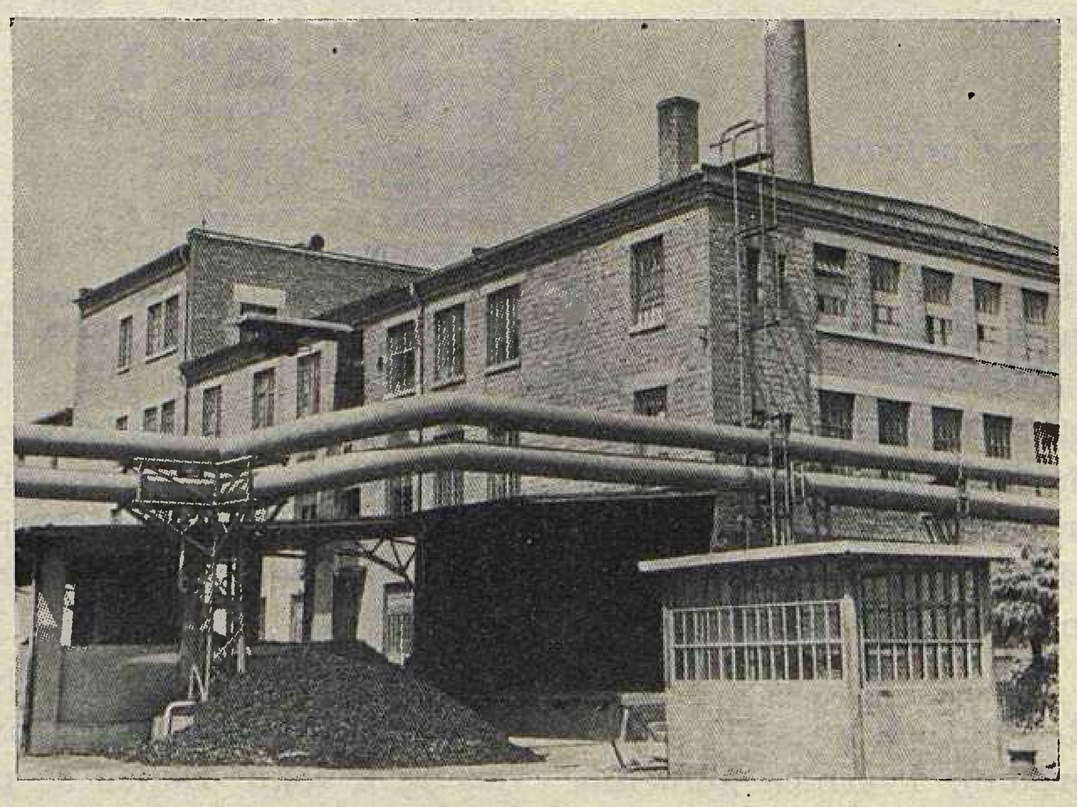
Proizvodna cijena električne energije ostaje na dosadašnjoj visini usprkos smanjenoj proizvodnji; preorijentacija na drugu vrstu proizvodnje ne izaziva teret za dosadašnju.

Ova će se predviđanja moći usporediti s ostvarenjem, nakon jedne godine uspješnije dobave pare.

Literatura

1. *Optimalno korišćenje TE Zagreb Zapad,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1959.
2. Ing. Ivo Jamnicki: *Optimalno korišćenje Termoelektrane Zagreb Zapad,* »Energija«, Zagreb, 9 (1960), 1—2
3. *Investicioni program mreže parovoda,* »Mašinoprojekt«, Zagreb, 1960.
4. *Glavni projekt strojarskog i električkog dijela parovoda,* »Mašinoprojekt«, Zagreb, 1961.

Naslov pisca: Ing. Nikola Grundman, Mašinoprojekt, Zagreb, Pierottijeva ul. 4



Sl. 9. Čvrsti oslonac parovoda 2 × NO 300 na čeličnom rešetkastom stupu, visine oko 5 m, na tvorničkom terenu

PRIMJENA RADIOAKTIVNIH IZOTOPA U MJERENJIMA PROTOKA KOD HIDROELEKTRANA

N. Bilčar, Zagreb

Prikazane su dvije moguće metode mjerenja protoka vode u hidroelektranama upotrebom radioaktivnih izotopa. Opisani su aparati za mjerenje i mjere sigurnosti, da se posada elektrane i ostalo osoblje ne bi izložilo opasnosti od radioaktivnog zračenja. Metoda je primijenjena mjerenjem protoka u Hidroelektrani Split. Iznesени su dobiveni rezultati i ustanovljeno je, da se opisani postupak može veoma dobro primijeniti u praksi.

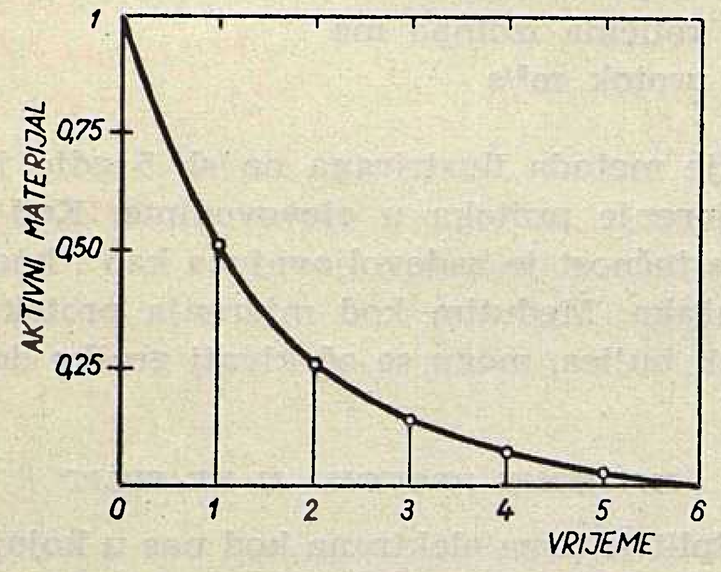
DK 621.039.8 : 621.311.21

PRIKAZ METODE

Uvod

U posljednjih nekoliko godina upotreba radioaktivnih izotopa za ispitivanja u raznim područjima nauke i industrije postigla je vanredne rezultate i sve se više primjenjuje. Naročito dobri rezultati postignuti su u biologiji i kemiji. Primjena u industriji započela je kasnije, ali su rezultati značajni kako u istraživačkom radu, tako i u procesu kontrole.

Uža primjena u industriji o kojoj će ovdje biti riječi, odnosi se na mjerenje brzine strujanja tekućina u dalekovodnim cijevima ili tunelima, obavještenja o položaju površine razdvajanja između dva medija, kao i stepena miješanja različitih medija iz raznih rezervoara. Pored toga moguće je, upotrebom radioaktivnih izotopa, praćenje podzemnih voda; rezultati ove primjene od neprocjenjive su vrijednosti u studijama



Sl. 1. Princip poluvremena raspadnja

i istragama kod projektiranja i građenja hidroenergetskih postrojenja. Također se mogu pronaći mjesta propuštanja na cjevovodima, koja nastaju zbog korozije, pomaka tla ili izvanrednih pritisaka. Upotrebom radioizotopa (ovdje ima više načina) dolazi se lako, brzo i jeftino do rezultata.

Rezultati, dobiveni iz niza eksperimenata s naftom i u manjoj mjeri s vodom, pokazali su ogromne prednosti ove tehnike mjerenja uz zadovoljavajuću točnost. Greške u mjerenjima svedene su ispod 1 %. Eksperimenti su dalje pokazali da se ispitivanja mogu vršiti s vrlo malom količinom radioaktivnih izotopa. Ako se primijeni standardna tehnika rukovanja radioaktivnom tvari, neće zbog razrjeđenja i onako male količine injektirane radioaktivne tvari i njenog raspadanja, praktički biti opasnosti od radioaktivnosti, kako za one koji rukuju, tako i za one koji dolaze u dodir s ispitivanim medijem.

Od neusporedive je vrijednosti prednost ovih ispitivanja prema dosadašnjim, jer su pripreme minimalne i vrlo jednostavne, i što je najvažnije, ne zahtijevaju obustavu pogona elektrane. Kod ispitivanja s hidrometričkim krilima mora se obustaviti pogon, i isprazniti cjevovod zbog montaže križa s hidrometričkim krilima. Nakon završenih ispitivanja mora se pogon ponovno obustaviti zbog demontaže, što predstavlja teškoće i gubitke.

Kod ispitivanja toka podzemnih voda, klasična metoda bojadisanja često puta ne daje zadovoljavajuće rezultate, naročito kada se voda probija kroz slojeve, jer ovi djeluju kao filtri. Obilježavanje vode radioizotopima daje sigurno vrlo pouzdane rezultate.

Princip upotrebe izotopa i metode mjerenja

Ovdje opisana primjena izotopa samo je dio dugogodišnjih studiranja i eksperimentiranja. Upotreba radioizotopa u mjerenjima protoka vode u cjevovodima ili tunelima, i u praćenju podzemnih voda, bazira na injektiranju određene količine izotopa u nekoj tački cjevovoda ili tunela u vodu, te detektiranja maksimalnog vala radioaktivnosti u povoljno odabranoj drugoj tački. Najlakša je detekcija izotopa s emisijama, jer su ove najprodornije.

Kod odabiranja izotopa važno je slijedeće:

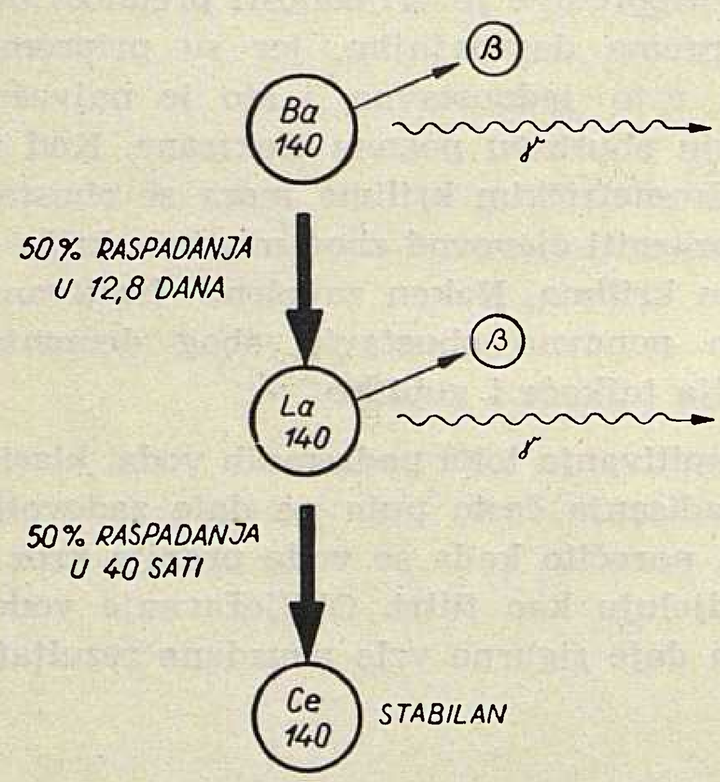
1. vrst toka;

2. da se poluživot (karakteristika raspada) odabranog izotopa može usporediti s vremenom trajanja ispitivanja;

3. da se izotop fizikalno i kemijski može tolerirati u vodi i da nije opasan za one koji dolaze u dodir s vodom.

Poluživot raspada je vrijeme koje je potrebno da se radioaktivnost određene količine nekog elementa smanji na polovinu svoje prvobitne vrijednosti. To znači da će od 1 grama elementa s poluvremenom raspadanja od 1 sata, polovica količine tj. 0,5 grama dezintegrirati na kraju jednog sata, tako da će preostati 0.5 grama. U toku narednog sata dezintegrirat će polovica preostale količine tj. 0,25 grama i preostat će 0.25 grama. Na kraju trećeg sata preostalo bi 0,125 grama i tako dalje. U svakom daljem satu količina koja dezintegrira manja je od one u prethodnom (sl. 1). Teoretski, radioaktivnost ne može nikada pasti na nulu. Međutim, u praksi, kada se radi o malom broju atoma, ova tvrdnja ne stoji.

Na sl. 2 prikazana je, zbog ilustracije, shema raspadanja radioaktivnog barija, koji nakon 12,8 dana dezintegrira 50 % emisijom zraka γ i β u lantan, dok ovaj dezintegrira za 40 sati 50 % uz emisiju zraka γ i β u stabilni cerij. Radioizotopi, upotrebljeni kao tragači koje treba na određenom mjestu detektirati, najbolji su kao γ-emiteri. Detekcija se obavlja pomoću Geigerovog brojača slušanjem signala preko dviju slušalica ili očitavanjem na skali instrumenta. Može se upotrijebiti i registracioni instrument.



Sl. 2. Shema raspadanja radiobarija

Pri radu s radioizotopima potrebna je posebna pažnja i opreznost, da se uposleno osoblje i okolina ne bi suvišno izlagali radioaktivnom zračenju i da ne bi došlo do opasnih zagađenja. U tu svrhu treba obavijestiti i konzultirati nadležne nadzorne organe, izvršiti zaštitne mjere i dekontaminirati eventualno zagađena područja u skladu s postojećim propisima.

Metoda dviju tačaka

Opća metoda (sl. 3) za mjerenje brzine strujanja tekućina u cjevovodima, tunelima ili otvorenim kanalima svodi se na to da se u određenom vremenskom intervalu ubaci u tok vode izvjesna količina radioizotopa, te se na dva povoljno odabrana mjesta, s točno poznatom međusobnom udaljenošću, mjeri prolaz maksimalnog vala radioaktivnosti, odnosno vrijeme između prolaza maksimuma radioaktivnosti.

Između odabrane dvije tačke mora biti poznat sadržaj vode tj. moraju biti poznate dimenzije cjevovoda ili tunela s ravnim i glatkim površinama i bez odvojaka ili račvanja. Volumen između dviju tačaka podijeljen s vremenom između dva vrha radioaktivnosti, direktno daje protok.

Na sl. 4 prikazan je injektor, koji se sastoji iz suda za komprimirani zrak s pritiskom od 7 kg/cm², posude za radioizotope i izlaznog ventila s ručicom. Otvaranjem ventila na sudu za komprimirani zrak, posuda s izotopima je pod pritiskom, nakon čega se ventilom s ručicom injektira oko 3 sekunde.

Metoda »ukupnog broja otkucaja«

Ova metoda ne zahtijeva poznavanje volumena vode, kao metoda dviju tačaka, pa se jednako može primijeniti kako kod rijeka, potoka i bujica, tako i kod cjevovoda i tunela. Ona se osniva na činjenici, da je ukupan broj registriranih implusa, koji se mogu dobiti s nekom mjernom sondom od konstantne količine radioizotopa, jednoliko raspoređene u tekućini koja se mjeri, obrnuto proporcionalan brzini kojom radioizotop s tekućinom prolazi kraj mjerne sonde.

Registratore otkucaja treba prethodno baždariti s poznatom koncentracijom izotopa u vodi uz određenu geometriju (razmak između izotopa i registratora otkucaja). Dimenzije baždarnog faktora

$$F = \frac{\text{otkucaji}}{\text{s}} : \frac{\text{mc}^{\star}}{\text{m}^3}$$

Ovo se može transformarati u

$$F = \frac{\text{otkucaji}}{\text{mc}} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Iz ukupnog broja otkucaja dobivenih na mjernom mjestu uz istu geometriju i iz ostalih poznatih podataka dobije se protok prema izrazu

$$F = \frac{N}{A} Q$$

gdje je

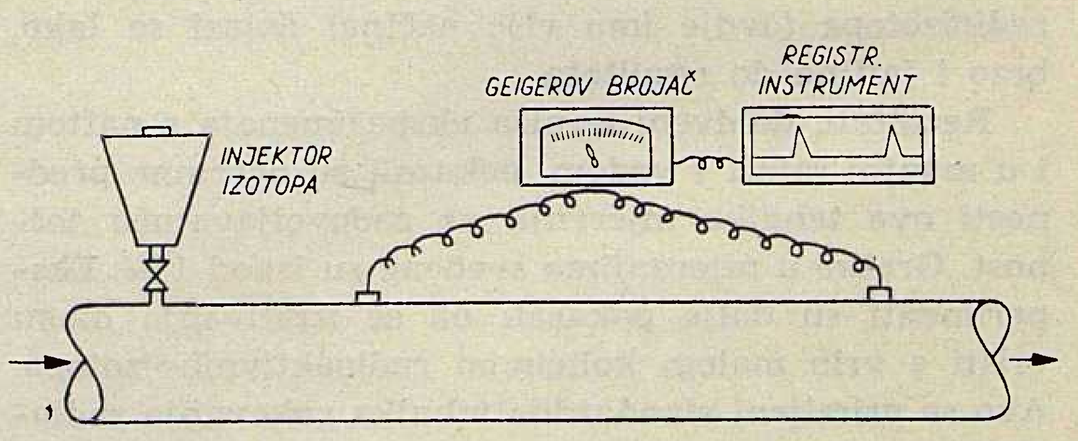
F — baždarni faktor
N — broj otkucaja
A — količina izotopa mc
Q — protok m³/s

Ova je metoda ilustrirana na sl. 5 gdje je prikazano mjerenje protoka u cjevovodima. Kod ovakvih mjerenja tačnost je zadovoljavajuća kao i kod metode dviju tačaka. Međutim kod mjerenja protoka rijeka, potoka ili bujica, mogu se očekivati greške do 5 %.

MJERENJE PROTOKA U HE SPLIT

HE Split je prva elektrana kod nas u kojoj je mjeren protok pomoću radioizotopa.

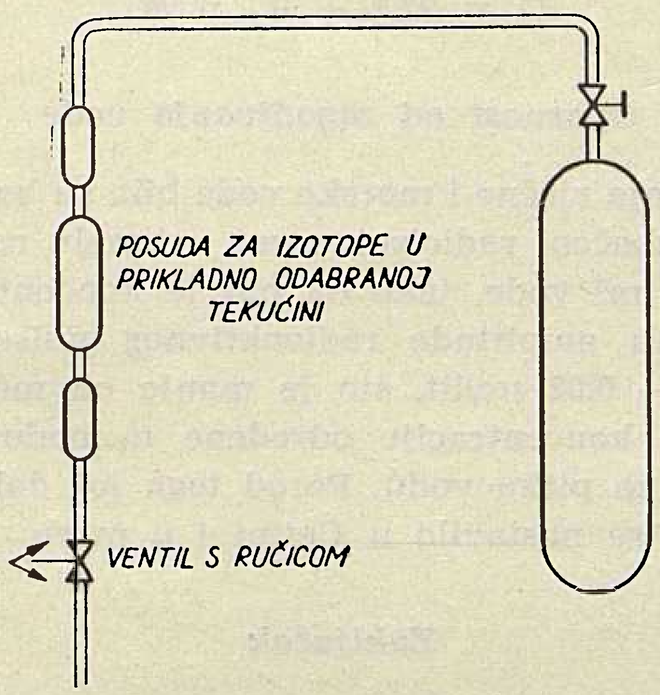
Ispitivanja su izvršena nešto pojednostavnjenom metodom dviju tačaka, tako da je kao prva uzeta tačka injektiranja, dok je druga — tačka detekcije — uzeta na kraju tunela, dakle vodna odnosno zasunska



Sl. 3. Mjerenje maksimuma radioktivnosti između dvije tačke

* mc — milikiri (milicurie) je jedinica za količinu nekog radioaktivnog materijala, koji daje $3{,}7.10^7$ dezintegracija u sekundi.

komora. Ovim se postiglo da se iz jednog ubacivanja radioizotopa tj. iz jednog službenog mjerenja dobiju dva, pa čak i tri, što je povećalo ukupnu tačnost rezultata.



Sl. 4. Injektor

Da bi se postigla tražena tačnost, nužno je osigurati ili zadovoljiti slijedeće uvjete:

da se radioizotopi ubace dovoljno brzo;

da su tačno poznate dimenzije tunela između tačke ubacivanja i mjerenja;

da tunel ne propušta znatnije količine vode;

da snaga agregata ne odstupa više od $\pm$ 0,5 % za vrijeme mjerenja;

da nema varijacija nivoa vode u vodnim komorama;

da nema varijacija nivoa vode u akumulaciji Prančević;

da se vrijeme prispjeća radioaktivnih izotopa može tačno odrediti.

Radioizotopi su ubačeni pritiskom zraka 10—12 at kroz 5—10 sekunda, što je dovoljno brzo. Proračun volumena vode u tunelu je također dovoljno tačan, jer je obloga tunela betonirana željeznom oplatom (teleskopom), gdje su praktički zanemariva odstupanja. Uvaženo je ranije izmjereno propuštanje tunela od 0,3 m^3/s.

Udešenjem turbinskih regulatora tako, da rade s maksimalnom statikom (najstrmija karakteristika), te ograničenjem otvora turbine, postignuta je zadovoljavajuća konstantnost snage, odnosno opterećenja agregata.

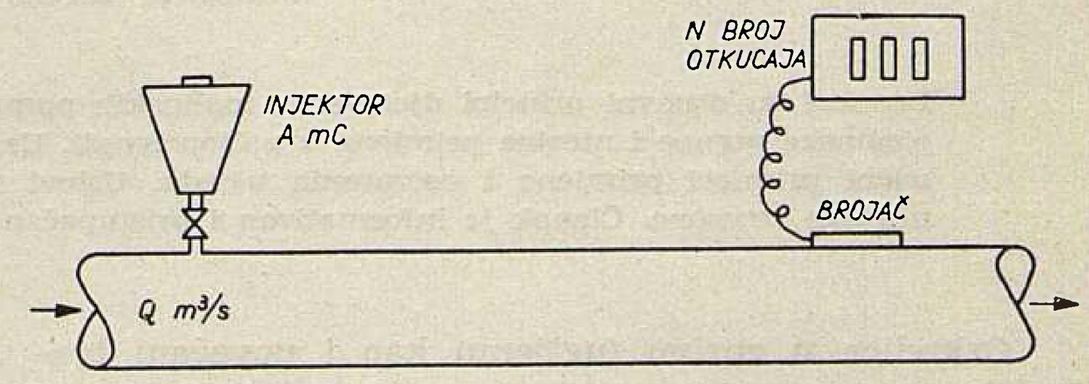
Varijacije nivoa vode akumulacije Prančević bile su nešto iznad dogovorenih, ali ipak nisu utjecale na mjerenja.

Vrijeme od ubacivanja do detekcije radioizotopa mjereno je s tri kronometra pouzdano tačno.

Upotrebljen je radioizotop Br-82 s vremenom poluraspada od 36 sati i dosta velikom energijom zračenja. Institut »Boris Kidrič« u Vinči svakodnevno je slao potrebne količine, ali u obliku praška $BaBr_2$, pa ga je trebalo otapati u vodi. Oko 1,5 litre radioaktivne rastopine injektirano je sličnim naprijed opisanim uređajem pod pritiskom od 10—12 at kroz gumenu cijev u centar tunela, kroz vertikalni šaht na ulaznom uređaju iza zatvarača. Injektiranje je trajalo 5—6 sekunda, pošto je neaktivna voda oko 5 sekunda izlazila iz cijevi. Količina radioizotopa po jednom mjerenju kretala se oko 20—60 mc.

Detekcija radioaktivnog pulsa vršena je Geiger-Mülerovim (GM) cijevima kao sondama s pripadajućim »rate-metrima« i visokonaponskim stabilizatorima za GM-cijevi. Gdje je sonda bila udaljena od »rate-metara«, dodatno je upotrebljeno pretpojačalo sa svojim stabilizatorom napona, da se spriječi gušenje u dugom kabelu.

Kod ovakvih mjerenja od neprocjenjive je vrijednosti bio registracioni instrument, koji je ekipa za mjerenje imala, no s pomakom pisača od 2 mm/min, što nije dovoljno. Radi toga se »rate-metar« očitavao svakih 5 sekunda, i izrađen je dijagram radioaktivnog pulsa (sl. 6), na temelju kojeg je određivano vrijeme. Valjanost ovoga ocijenjena je kao zadovoljavajuća usporedbom s dijagramom registracionog instrumenta. Vrijeme je mjereno pomoću tri štoperice, na brani, na vodnoj i na zasunskoj komori, istovremenim uključivanjem na telefonski signal. Od ukupnog vremena oduzeto je 7—8 sekunda, koliko je potrebno od puštanja pritiska i uključivanja štoperica do dospjeća radioaktivnih izotopa u tunel. Pored toga oduzeto je još 5—10 sekunda na račun tromosti instrumenata i na račun veće vrijednosti, da će izotopi više zaostajati nego brzati. Kako se vidi iz sl. 6, pri određivanju ukupnog vremena, odstupilo se od principa, da to bude tačka najveće radioaktivnosti zbog toga, što vrhovi obično nisu bili simetrični s obzirom na cjelokupni porast radioaktivnosti, a često se pojavi niz odvojenih vrhova različite visine. Stoga je ova tačka određivana tako da vertikala kroz nju raspolavlja površinu radioaktivnog pulsa, kada se od ovog oduzme prirodno zračenje.

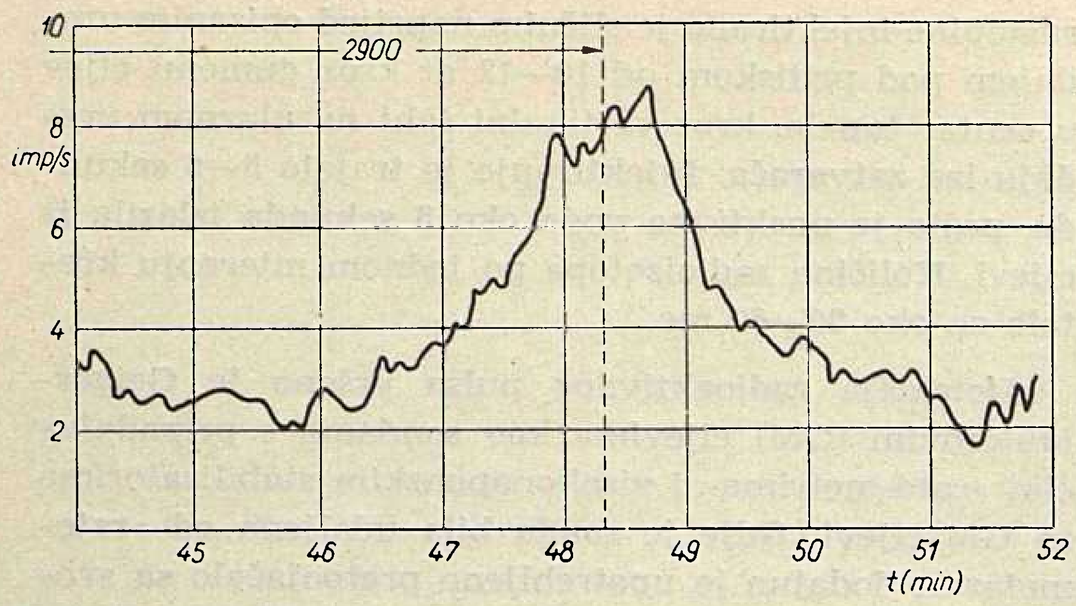


Sl. 5. Mjerenje broja otkucaja

Snaga agregata određivana je na temelju brojila, odnosno proizvedenih kWh podijeljenih s vremenom trajanja mjerenja.

Određivanje protoka

Kao informacija navodi se jedno od 16 mjerenja i to prvo iz serije od 100 m^3/s mjereno 20. VII 1962 (sl. 6).



Sl. 6. Prvo mjerenje serije 100 m³/s dne 20. 7. 1962. Vodna komora

$$Q = \frac{V}{t}$$

gdje je

V — ukupan sadržaj vode između odabrane dvije tačke

t — vrijeme prolaza maksimalnog vala radioaktivnosti između te dvije tačke.

Volumen, odnosno sadržaj vode između mjesta injektiranja i sonde u vodnoj komori, izračunan je i iznosi 281.935 m³, a izmjereno vrijeme prolaza radioaktivnosti 2900 sekunda, dok je između mjesta injektiranja i sonda u zasunskoj komori volumen 289.310 m³, a vrijeme prolaza 2975 sekunda. Za prvi slučaj, dobije se protok od 97,219 m³/s, odnosno 97,247 m³/s za drugi, ili srednji protok

$$Q_{sr} = 97{,}23 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Dalje je izračunan prosjek cijele serije (svaka je serija imala 4 mjerenja), te uz uvaženu srednju kvadratnu grešku dobiven je konačan rezultat

$$Q = 97{,}1 \pm 0{,}1 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Opasnost od zagađivanja vode

Zagađenja rječne i morske vode bila su beznačajna, jer se je ubačeni radioizotop već u tunelu razblažio u oko 10.000 m³ vode, tako da mu je koncentracija na maksimumu amplitude radioaktivnog pulsa iznosila oko 0,01 — 0,02 μc/lit, što je manje od maksimalno dozvoljene koncentracije određene u međunarodnim propisima za pitku vodu. Pored toga još daljnje razblaživanje se nastavilo u Cetini i u moru.

Zaključak

Ovim mjerenjima, koja je izvršio Institut za naftu Zagreb, radioizotopi su pokazali svoju punu vrijednost kao metoda za hidrodinamička mjerenja.

Literatura

D. E. Hull, *Using Tracers in Refinery Control*, Nucleonics, april 1955.

D. E. Hull, I. W. Kent, R. D. Lee, *Radioactivity in Pipe Line Flow Studies*, World Oil, maj 1949.

S. Glasstone, *Automatska energija.*

Mjerenje protoka u tunelu HE Split pomoću radioizotopa, Institut za naftu, Zagreb.

Naslov pisca: Ing. Nikola Bilčar, Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37

MOGUĆNOST KORIŠTENJA ELEKTRIČNE TOPLINSKE PUMPE ZA POLJOPRIVREDNE SVRHE

Vladimir Zlković, Beograd

Iznesene su osnovni principi djelovanja toplinskih pumpa i energetsko-ekonomski značaj, zatim opći razvoj toplinske pumpe i njezina primjena u poljoprivredi. Uz prikaz razvoja u pojedinim zemljama dani su karakteristični primjeri primjene i ostvarenih ušteda. Uslovi razvoja u Jugoslaviji i dosadanje primjene također su ukratko iznesene. Članak je informativan i pristupačan širokom krugu čitalaca.

DK 63 : 621.3

Oskudica u gorivu (ugljenu) kao i povećani troškovi eksploatacije industrijskih postrojenja koja kao gorivo upotrebljavaju ugljen dali su, još prije tri decenija, podstrek za proučavanje primjene toplinske pumpe i to najprije u zemljama koje ne raspolažu dovoljnim zalihama ugljena ili drugog goriva ili ih žele sačuvati i bolje iskoristiti za kemijske svrhe. Jer, u danima rata važile su riječi jednog švicarskog energetičara: »Tko danas spaljuje pod parnim kotlom skupocjeni ugljen sličan je onom tko loži lokomotive pšenicom ili kavom« [1].

Za vrijeme prvog svjetskog rata (1914 — 1918), a i poslije toga, u Švicarskoz se najprije osjetila oskudica u krutom gorivu (ugljenu), pa su stručnjaci počeli razmišljati o principu toplinske pumpe i njenoj praktičnoj primjeni u industriji s ciljem da se skupo gorivo zamijeni jeftinim i obilnim prirodnim toplinskim izvorima nižeg stepena (voda iz jezera, rijeka i mora ili zrak). Ali, tek su za vrijeme drugog svjetskog rata našle u Švicarskoj veću primjenu toplinske pumpe jačih snaga za svrhe grijanja kompleksa zgrada, za proizvodnju velikih količina tople vode potrebne industriji (tekstilnoj, papirnoj, kemijskoj i dr.) kao i za isparivanje tekućina u prehrambenoj industriji (mljekarskoj, šećernoj, pri preradi voća u sokove i dr.). Praksa je pokazala da električna toplinska pumpa može ostvariti vrlo dobar stepen pretvorbe energije (3 puta i više) a naročito je njena primjena ekonomski povoljnija ako se radi o instalacijama većih snaga. Na tom polju mnogo su uradila i postigla lijep uspjeh

poznata švicarska društva Brown Boveri Co. iz Badena, Escher Wyss, Sulzer A. G. i dr. Poznat je prvi veći tehnički i ekonomski uspjeh instalacije električne toplinske pumpe primijenjene za klimatizaciju dvorane Kongresne sale u Zürichu, koju su prije drugog svjetskog rata (1939) sagradile i stavile u pogon Brown Boveri Co. iz Badena i firma Sulzer A. G. iz Winterthura. Ovdje je toplinska pumpa kao toplinski izvor koristila vodu iz jezera. Ovo je postrojenje u dugogodišnjem radu dalo vrlo dobre rezultate ostvarujući godišnje uštedu od oko 20 tona prvorazrednog ugljena za grijanje zgrade. Zatim se prešlo na montažu električnih pumpa većih snaga. Montirana je električna toplinska pumpa u tvornici papira Landquart A. G. (Švicarska), kapaciteta od 115.000 kcal/h, za sušenje pusta pomoću zagrijanog zraka, pri čemu se za topli izvor koristio zrak iz strojarnice. Na taj se način postiže godišnje ušteda od 183 tone ugljena. Ohrabrena tim uspjesima firma Brown Boveri Co. instalira još veće snage toplinskih pumpa u obliku termoblokova. Tako su za tvornicu umjetne svile u Steckbornu (istočna Švicarska) stavljena u rad dva termobloka s kapacitetom po 1,700.000 kcal/h, koji služe za zagrijavanje veće količine vode. Za zagrijavanje 120 m^3 na sat vode od 58° C treba iz Bodenskog jezera iscrpsti 600 m^3 vode na sat po bloku s temperaturom jezerske vode od 3° C do 13° C. Za kompresor kao radni fluid korišten je metilklorid (CH_3Cl), a za rad ovog postrojenja električna snaga motora iznosi oko 600 kW. Ovdje je postignuta dobra pretvorba energije i godišnja ušteda u ugljenu iznosi po bloku 2.100 tona.

Od 1939. do 1945. društvo Brown Boveri montiralo je u Švicarskoj 8 toplinskih pumpa većih snaga za svrhe grijanja i 25 termoblokova za isparivanje tekućina u raznim industrijama. Cijeni se da ta postrojenja s toplinskim pumpama uštećuju Švicarskoj godišnje oko 60.000 tona prvorazrednog ugljena [2]. Činjenica da električne toplinske pumpe umjesto skupog goriva koriste obilnu i besplatnu toplinsku energiju nižeg stepena (prirodno zagrijanu vodu rijeka i jezera, vodu iz kondenzatora termoelektrana ili otpadnu toplinu rashladne vode kondenzacije termoelektrane). Time daju podstrek razvoju primjene električnih toplinskih pumpa u elektranama i industrijskih postrojenjima.

Dok su u industriji električne toplinske pumpe našle uspješnu primjenu za vrijeme prvog i drugog svjetskog rata, u poljoprivredi je njena upotreba nastala tek poslije drugog svjetskog rata i to praktički prije 12 godina. Njena primjena u raznim poljoprivrednim procesima najprije se počela proučavati i praktički koristiti u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), a zatim u Velikoj Britaniji i Zapadnoj Njemačkoj*.

Upotreba toplinske pumpe za poljoprivredne svrhe nije stimulirana samo s gledišta uštede goriva već se nastojalo iskoristiti njene prednosti u pogledu tehničkih karakteristika. Na osnovu iskustava primjene električne toplinske pumpe za klimatizaciju stanova kao agregata »air conditioning«, one su našle veliku upotrebu u SAD ne samo po gradovima već i na farmama. Ali, prije nekoliko godina električna toplinska pumpa se počela uspješno primjenjivati za klimatizaciju većih skladišta voća i povrća, za klimatizaciju komora za čuvanje jaja, za klimatizaciju većih kokošinjaca u cilju povećanja nosivosti jaja, kao i u svinjcima za brži tov svinja, za klimatizaciju prostorija mljekara gdje su instalirani električni hladnjaci mlijeka većih kapaciteta tzv. »bulk milk cooler« — i s korištenjem otpadne topline mlijeka, za zagrijavanje lijeha i staklenika za rano sazrijevanje povrća i cvijeća, itd. U posljednje vrijeme u SAD se vrše uspješni pokusi sa sušenjem pšenice i kukuruza i leguminoznih trava upotrebom električne toplinske pumpe. U poljoprivredi, doduše, upotrebljene su instalacije toplinskih pumpa manjih snaga, ali njihova ekonomičnost se i ovdje odrazila naročito ako se takva instalacija koristi godišnje veći broj sati, jer se ona može koristiti za dvije svrhe: zimi za grijanje, a ljeti za hlađenje. Pri pogodnim klimatskim uslovima mjesta tj. pri blažoj klimi električna toplinska pumpa može za grijanje ostvariti dobar stepen pretvorbe energije tako da se za svaki utrošeni kWh električne energije za pogon elektromotora toplinske pumpe može dobiti trostruko kalorija, a ponekad i više nego primjenom uobičajenog načina grijanja.

$$K_p = \frac{Q_I}{Q}$$

gdje je

K_p — koeficijent pretvaranja energije
Q_I — količina topline u kcal koja se daje
Q — ekvivalentna količina topline koja se prima

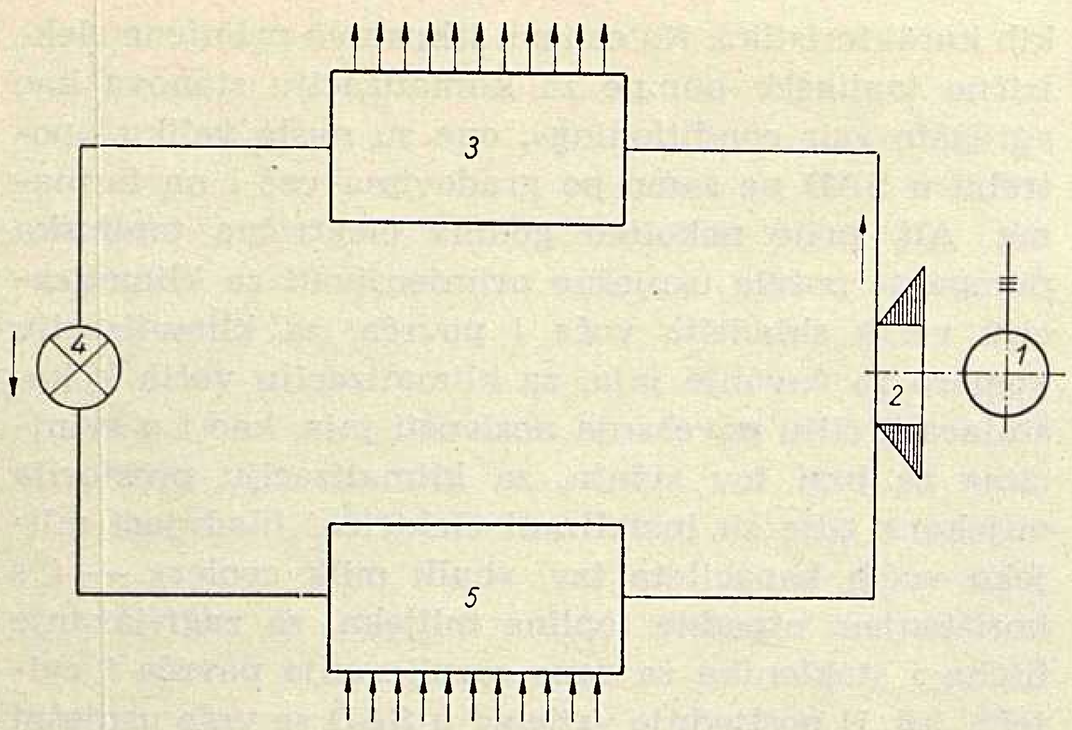
Kako 1 kWh odgovara ekvivalentnoj količini topline od 860 kcal, to postrojenje električne topline koje radi sa $K_p = 3$ ostvaruje toplinu od 2580 kcal.

Principijelne sheme električne toplinske pumpe

Podsjetimo se na nekoliko osnovnih shema električne toplinske pumpe. Prije svega, pod toplinskom pumpom razumijevamo stroj koji crpe toplinu s nižeg nivoa i prenosi je na veći toplinski nivo. (Kao što voda pada sa veće visine na niže, tako i toplina prelazi prirodno s toplijeg tijela na hladnije, a ne obrnuto, što je dobro poznato. Da bi vodu podigli s nižeg nivoa na viši, treba primijeniti vodenu pumpu. Tako isto, da bi toplina prešla s tijela niže temperature na tijelo veće temperature, treba upotrijebiti toplinsku pumpu).

Električni kompresioni hladnjak u stvari predstavlja električnu toplinsku pumpu, jer kompresor crpe toplinu iz unutrašnjosti komore hladnjaka gdje se nalaze namirnice i tu toplinu odvodi napolje preko kondenzatorske rešetke ovog uređaja. Prema tome, električna toplinska pumpa se sastoji iz ovih bitnih dijelova, kao što je prikazano na sl. 1: elektromotora *1*, kompresora *2* s radnim fluidom (najčešće freon I2, metilklorid CH_3Cl i dr.), evaporatora *5*, kondenzatora *3* i ekspanzionog ventila *4*. Ekspanzioni ventil dijeli

* *Primjedba.* Pod primjenom toplinske pumpe u poljoprivredi prvenstveno se obrađuje njena upotreba u poljoprivrednim procesima u užem smislu, a ne za klimatizaciju stanova (»air conditioning«) ili upotreba električnih hladnjaka na farmama u individualnim domaćinstvima ili u zadružnim instalacijama za čuvanje namirnica dubokim hlađenjem.



Slika 1

stranu visokog pritiska kondenzatora od strane niskog pritiska evaporatora. On automatski regulira veće ili manje otvaranje ili zatvaranje prolaza tekućeg radnog fluida sa strane kondenzatora. Kad dospije u evaporator fluid počne pri niskom pritisku naglo isparivati apsorbirajući toplinu okolne sredine. Kompresor crpe nastali plin i sabija ga pod pritiskom u kondenzator *3* gdje fluid s povećanom temperaturom predaje toplinu okolini preko cijevi kondenzatora. Hlađenjem cijevi kondenzatora pomoću vode ili vanjskim zrakom plin se ponovno pretvara u tekuće stanje u kondenzatoru i odavde opet preko ekspanzionog ventila ide u evaporator i tako ponovno nastaje već opisani kružni proces.

Na sl. 1 prikazan je tok ovog procesa kao toplinske pumpe, jer se toplina predaje preko kondenzatora *3* okolini.

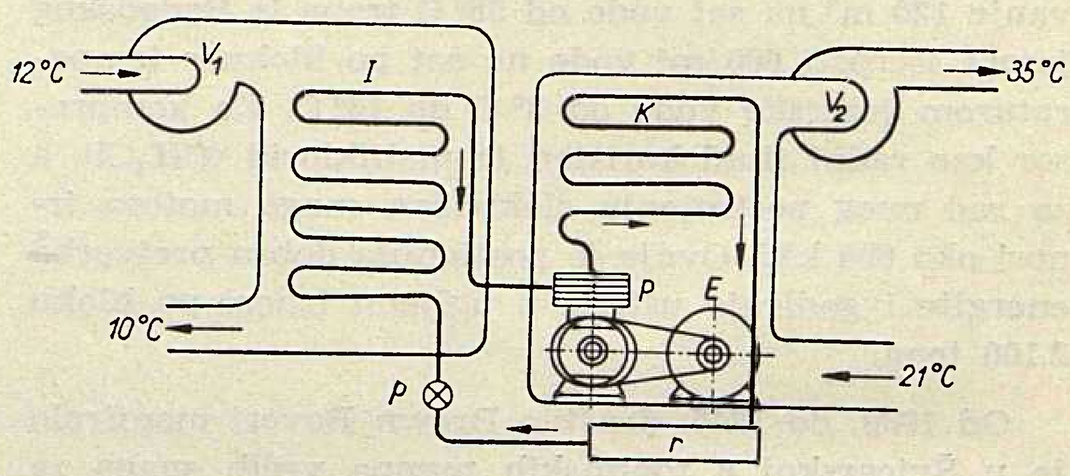
Na sl. 2 u danoj shemi ugrađivanjem ventila *6* može ta ista toplinska pumpa raditi reversibilno tj. da hladi kao »air conditioning«.

Ciklus grijanja je predstavljen radom fluida u pravcu: *2-a-d-5-4-3-b-c-2*, gdje je kondenzator obilježen sa *5*, a generator sa *3*. Ciklus hlađenja je predstavljen radom fluida u pravcu: *2-a-b-3-4-5-d-c-2*, gdje je evaporator predstavljen sa *5*, a kondenzator sa *3*, dok je ekspanzioni ventil obilježen sa *4*.

Pod toplinskom pumpom praktički se danas razumijeva mašina pomoću koje se može toplina oduzimati iz nekog obilnog toplinskog izvora gdje nije potrebna i predavati na mjesto gdje se može korisno upotrebiti. Priroda je omogućila da se sunčana toplinska energija akumulira u ogromnim količinama u zraku u slojevima bližim zemljinoj površini, kao i u rijekama, jezerima i morima. No, isto tako postoje akumulirani izvori topline u slojevima ispod površine zemlje ili podzemnim vodama. Iz takvih obilnih prirodnih toplinskih izvora nižeg stepena može se u dovoljnim količinama izvući toplinska energija pomoću naprijed opisane mašine, koja radi na principu obrnutom od stroja za hlađenje.

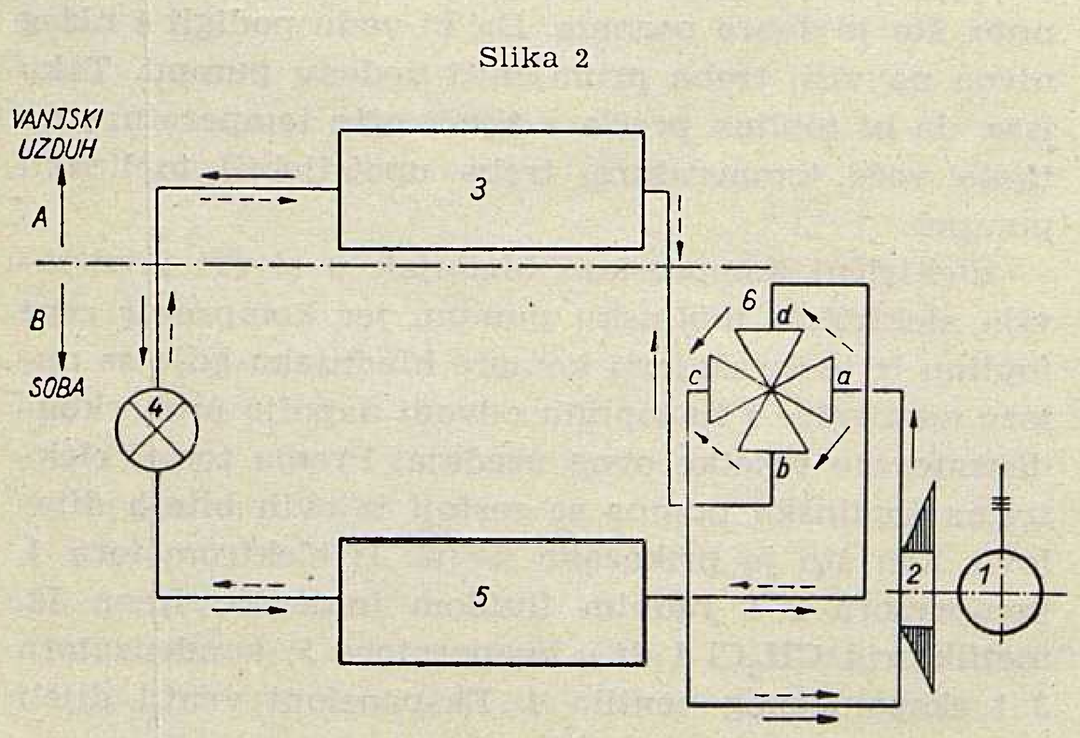
1) Zrak kao toplinski izvor

Vanjski zrak kao toplinski izvor upotrebljava se za instalacije električnih toplinskih pumpa manje snage. On se skoro svuda može koristiti, ali najpogodniji je u klimatski blažim uslovima tj. tamo gdje temperatura zraka ne pada ispod 0^0 C. Ako je temperatura zraka niska, na evaporatoru toplinske pumpe pojavljuje se led, pa za njegovo odstranjivanje treba ugraditi specijalni uređaj što komplicira primjenu.



Slika 3

Na sl. 3 prikazana je shema električne toplinske pumpe sa korištenjem vanjskog zraka. Mali električni ventilator V_1 usisava vanjski zrak prirodno zagrijan i zračna struja oblijeva cijevi isparivača *I* u kom se nalazi radni fluid kompresora. Radno tijelo u isparivaču apsorbira toplinu iz zraka, zagrijava se i pretvara u plinovito stanje. Kompresor usisava plin, sabija ga i šalje pod pritiskom u cijevi kondenzatora gdje on hlađenjem prelazi u tekuće stanje predavajući nakupljenu toplinu okolnom prostoru. Ventilator V_2 crpe tako zagrijani zrak i ubacuje ga u prostoriju koju treba grijati ili zračna topla struja sa smanjenom vlagom prolazi kroz slojeve naslaganog kukuruza ili trave da ih suši.



Slika 2

2) Voda iz rijeka, jezera, mora ili podzemna voda

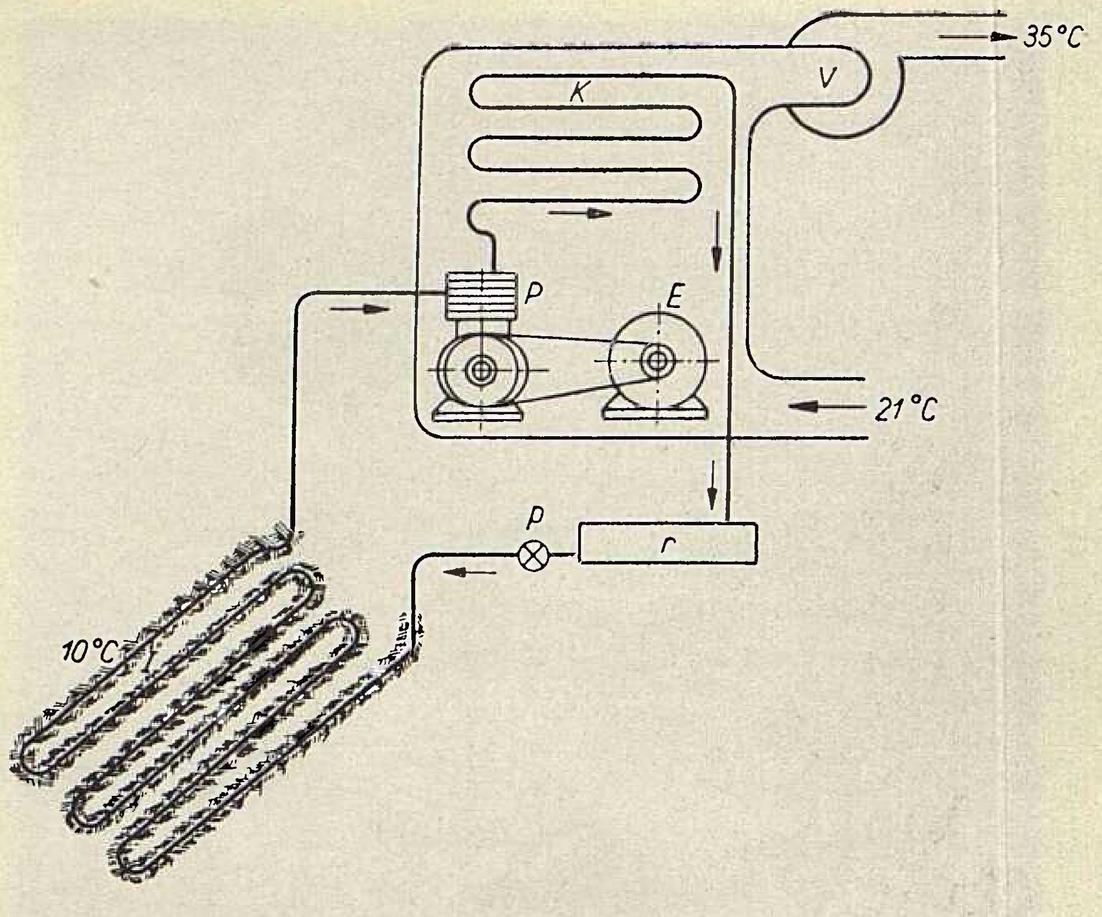
Na sl. 4 prikazana je shema električne toplinske pumpe korišćenjem vode kao toplinskog izvora. Ovdje se obično radi o obilnim i jeftinim toplinskim izvorima. Voda se može koristiti za instalacije električnih toplinskih pumpa većih snaga. Voda se obično pumpa preko evaporatora i tamo predaje svoju toplinu radnom fluidu. Toplinska pumpa povećava temperaturu fluida u kondenzatoru koji daje toplinu okolnoj sredini. Za veće snage potrebne su velike količine vode,

jer su male temperaturne razlike. Zbog sigurnosti rada postrojenja ne preporučuje se crpljenje vode s temperaturom nižom od + 2⁰ C.

Podzemne vode imaju ujednačenu temperaturu zimi od + 8⁰ C do + 10⁰ C i često se uspješno koriste za električne toplinske pumpe manjih snaga.

3) Zemlja kao toplinski izvor

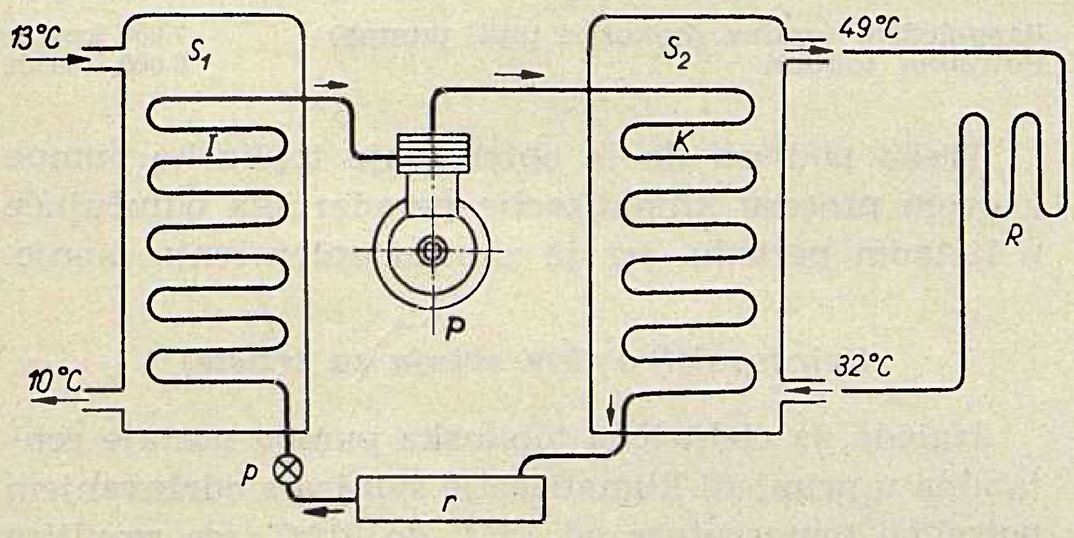
Slika 5 prikazuje shemu električne instalacije toplinske pumpe s korištenjem topline podzemnih slojeva zemlje. Cijevi evaporatora obično se ukopaju na dubini od 0,6 do 1 m ispod površine zemlje. Preporučuje se vlažno zemljište, a povoljnije je glinovito s pijeskom gdje se nalaze cijevi evaporatora. Ovaj toplinski izvor koristi se za instalaciju manjih snaga.



Slika 5

4) Otpadna toplina rashladne vode kondenzacije kod termoelektrana ili industrijskih postrojenja

Tamo gdje postoji mogućnost korištenja tople vode s temperaturom od 21⁰ C do 28⁰ C, a koja se ne može neposredno koristiti za grijanje, svrsishodno je proučiti, kako iskustva pokazuju, primjenu električnih toplinskih pumpa, jer se osigurava koeficijent pret-



Slika 4

vorbe energije $K_p = 6$. To znači da se postiže šesterostruka ušteda u gorivu pri zagrijavanju nekog objekta.

5) Korištenje otpadne topline mlijeka pri hlađenju

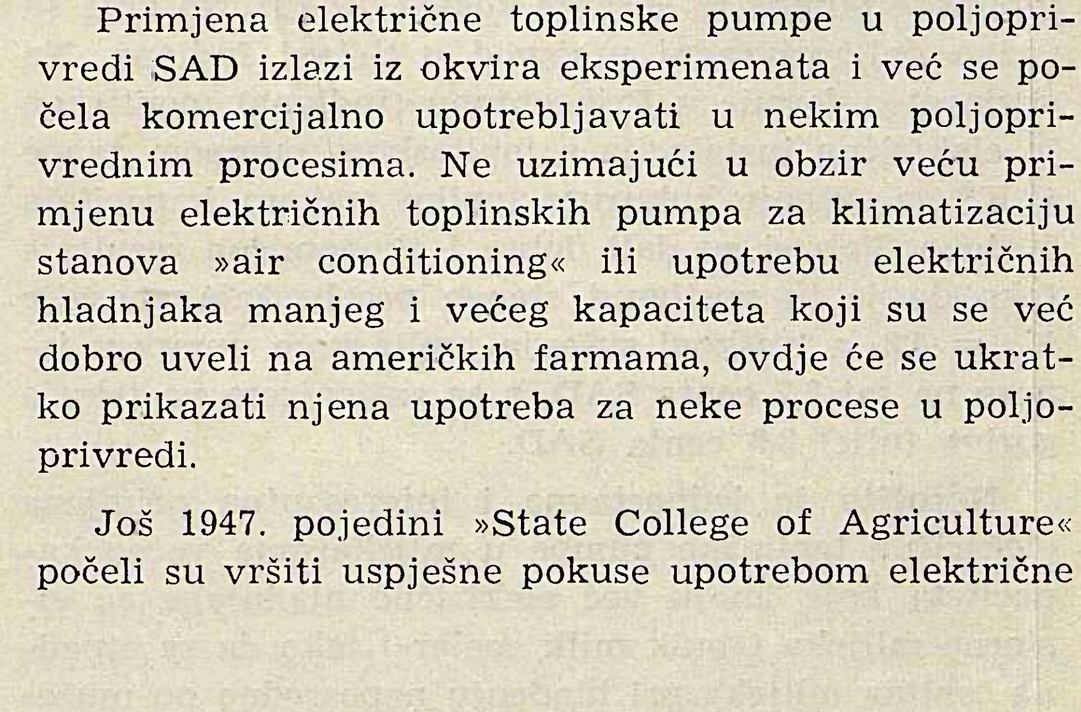
Shema instalacije električne toplinske pumpe za hlađenje mlijeka i istovremeno za zagrijavanje vode u bojleru dana je na sl. 6. Pored normalnog kompresorskog uređaja za hlađenje instalacija se sastoji iz dva termički izolirana rezervoara B_1 i B_2. Evaporator toplinske pumpe *I* nalazi se u komori za hlađenje mlijeka *H* gdje apsorbira toplinu mlijeka poslije muženja. Kondenzator *K* toplinske pumpe u obliku zavojnih cijevi ugrađen je u izoliranoj posudi B_1 s vodom, koja se grije od rada toplinske pumpe na temperaturu od oko 50⁰ C. Hladna voda iz vodovoda sa oko 15⁰ C ulazi u ovaj rezervoar, a kad se voda u toj posudi zagrije na 50⁰ C automatski teče u drugi rezervoar B_2, koji u stvari sačinjava normalni električni bojler. Znači prvi rezervoar B_1 služi za prethodno zagrijavanje vode pomoću rada toplinske pumpe, dok drugi rezervoar B_2 dopunjuje to zagrijavanje do željene temperature (65⁰ C) za upotrebu na farmi. Izvedeni pokusi su pokazali da se na taj način može uštedjeti u potrošnji električne energije oko 50 % prema uobičajenom načinu neposrednog grijanja vode u električnim bojlerima.

Iskustva s električnim toplinskim pumpama u poljoprivredi Sjedinjenih Američkih Država

Primjena električne toplinske pumpe u poljoprivredi SAD izlazi iz okvira eksperimenata i već se počela komercijalno upotrebljavati u nekim poljoprivrednim procesima. Ne uzimajući u obzir veću primjenu električnih toplinskih pumpa za klimatizaciju stanova »air conditioning« ili upotrebu električnih hladnjaka manjeg i većeg kapaciteta koji su se već dobro uveli na američkih farmama, ovdje će se ukratko prikazati njena upotreba za neke procese u poljoprivredi.

Još 1947. pojedini »State College of Agriculture« počeli su vršiti uspješne pokuse upotrebom električne

Slika 6





Sl. 7. Električna toplinska pumpa hladi mlijeko i istovremeno grije vodu u bojleru na mljekarskoj farmi u južnoj Njemačkoj

toplinske pumpe za sušenje kokica (kukuruza) koje su važan poljoprivredni proizvod u državi Indiana. Na »Princeton-farmi« u Princentonu (Indiana) montirana je električna instalacija s toplinskom pumpom snage 10 KS za sušenje kukuruza toplim zrakom, kapaciteta 50 tona. Pokusi su dali dobre i ekonomične rezultate tako da je tu postignut stepen preobražaja energije $K_p = 4{,}3$, a troškovi sušenja toplinskom pumpom iznose na sat 2,7 centa SAD, a sa sušionicom na tekuće gorivo (ulje) 3,3 centa SAD.

Naročito je jednostavna i interesantna primjena električne toplinske pumpe u mljekarama većeg kapaciteta koje imaju već električne hladnjake za cisterne mlijeka (»bulk milk cooler«) tako da se otpadna toplina mlijeka pri hlađenju neposredno po muženju koristi za grijanje te prostorije zimi ili za dobivanje tople vode u bojlerima, toliko potrebne mljekarskoj farmi.

Sistematskom istraživanju primjene električne toplinske pumpe pristupilo se 1950. godine pod nadzorom »U. S. Department for Agriculture« iz Washingtona D. C. Ta istraživanja su usmjerena na slijedeće poljoprivredne grane: peradarstvo (proizvodnja jaja), svinjogojstvo (tov svinja za tržište), mljekarstvo (dobivanje vruće vode), sušenje žitarica (kukuruza) i čuvanje povrća (slatki krumpir). Na kraju istraživanja dobiveni su pozitivni rezultati ove primjene i u ekonomskom pogledu, pa je korisno neke i detaljnije navesti.

Peradarstvo (proizvodnja jaja)

Prethodna istraživanja utvrdila su da na kvalitet nosivosti jaja znatno utječe temperatura u peradarniku. Najpovoljnija temperatura peradarnika je oko 15° C, a relativna vlažnost zraka ne smije prijeći 80 %, jer je tada najbolja proizvodnja. Na osnovu toga primijenjena je električna toplinska pumpa od 3 KS za peradarnik od 500 kokoši. Ova toplinska pumpa potpuno je zadovoljila postavljene uslove klimatizacije kako zimi, tako i ljeti dajući najbolju proizvodnost u nošenju jaja. Navodimo tehničke podatke.

Zgrada peradarnika: 9 m × 18 m; izolirana površina 48 m² s dvostrukim staklom na prozorima.

Količina zraka: 2450 m³/h (4,8 m³/h po kokoši).

Proizvodnja topline od samih kokoši: 6.000 kcal/h.

Nominalna količina topline od toplinske pumpe od 3 KS: 9.250 kcal/h pri vanjskoj temperaturi od 1,7° C.

Ljetni period rada

Ambijent (maks.) zraka		35° C, 40 % rel. vlažnosti
Postignuto kontrolom pumpe		18,3° C, 40 % rel. vlažnosti
Potrebno kalorija za hlađenje,	senzibilnih	6.750 kcal/h
	latentnih	2.600 kcal/h
	ukupno	9.350 kcal/h

Zimski period rada

Ambijent	17° C i 90 % rel. vlažnosti zraka
Postignuto kontrolom pumpe	12,8° C, 80 % rel. vlažnosti
Raspoloživa toplina (kokoši i topl. pumpa)	7.050 kcal/h
Potrebna toplina	6.000 kcal/h

Treba podvući da je opterećenje toplinske pumpe u ovom procesu klimatizacije peradarnika odlučujuće u ljetnom periodu, jer je zimsko opterećenje manje.

Svinjogojstvo (tov svinja za tržište)

Izgleda da električna toplinska pumpa postaje rentabilna u primjeni klimatizacije svinjca s održavanjem potrebne temperature od 15° C do 21° C, jer rezultira da svinje jedu više hrane, ali dobivaju i znatno povećanje u težini. Istraživanja pokazuju da se primjenom električne toplinske pumpe za ovu svrhu može postići da svinja dobije u težini 110 kg za 100 dana umjesto za 180 dana, pri čemu se ukupna količina hrane po grlu smanjuje od 386 kg na 298 kg ili za oko 20 %.

Kao i u prethodnom primjeru, ovdje električna toplinska pumpa uspješno kontrolira vlažnost i temperaturu ulaznog zraka u prostoriji svinjca. Ocjenjuje se da farmer od ove primijenjene instalacije dobiva neto 500 $ SAD za tov od 50 svinja. Uzgojem po 100 dana u toku godine za tri grupe tj. za 150 grla može se dobiti profit od 1500 $ SAD.

Ostale primjene

Kao što se vidi primjena električne toplinske pumpe može biti ekonomična, jer povećava produktivnost proizvodnje. Isto tako električna toplinska pumpa se može, prema američkom iskustvu, preporučiti i za primjenu u skladištima povrća i voća, u peradarnicima za leženje mladih pilića (brojlera) i purica, za sušenje kukuruza, duhana i dr.

Praktična komercijalna primjena električne toplinske pumpe već je uvedena za sušenje kokica u državi

Indiana, u peradarstvu u državi Ohio (40.000 pilića nedjeljno) sa 3 KS, u državi Alabama (75.000 pilića nedjeljno) s toplinskom pumpom 2 × 5 KS, na svinjogojskoj farmi u Indiani, kao i nova električna instalacija za proizvodnju svježe trave (»herbarage«) u državi Ohio. Navedene primjene kao i daljnje uvođenje električne toplinske pumpe daju dobru perspektivu kako američkim farmerima tako i proizvođačima električnih toplinskih pumpa koji često surađuju s istraživačkim institutima u vršenju pokusa razne primjene električne toplinske pumpe u poljoprivredi.

ISKUSTVA U PRIMJENI TOPLINSKIH PUMPA U POLJOPRIVREDI NEKIH EVROPSKIH ZEMALJA

Zapadna Njemačka. Poklanja se naročita pažnja primjeni električne toplinske pumpe za klimatizaciju stanova kao i za električno hlađenje namirnica na poljoprivrednim gospodarstvima. To je u stvari i glavna veća primjena električnih toplinskih pumpa u poljoprivredi u vidu zadružnih električnih instalacija za čuvanje namirnica dubokim smrzavanjem ili u pojedinačnim domaćinstvima na selu. Treba, međutim, podvući uspješne rezultate primjene električne toplinske pumpe, posljednjih godina, u procesima hlađenja mlijeka s istovremenim zagrijavanjem vode u mljekari. Prema raspoloživim podacima, ovakve instalacije u Zapadnoj Njemačkoj smatraju se rentabilnim, ako se odjednom hladi dnevno preko 120 litara mlijeka. Firma Linde (Linde Gesellschaft für Linde's Eismaschinen, Sürth/Köln) podigla je do 1958. godine 18 takvih električnih instalacija s električnim toplinskim pumpama koje uspješno rade na farmama.

Prema detaljnim kalkulacijama, uzimajući u obzir sve faktore tj. potrebne investicije i pogonske troškove, na farmi koja proizvodi dnevno 480 litara mlijeka, s električnim hlađenjem mlijeka, tj. godišnje 117.000 litara i vruće vode godišnje 88.000 litara s temperaturom od 50° C, računajući cijenu električne energije 0,10 DM po kWh, troškovi eksploatacije su ovi:

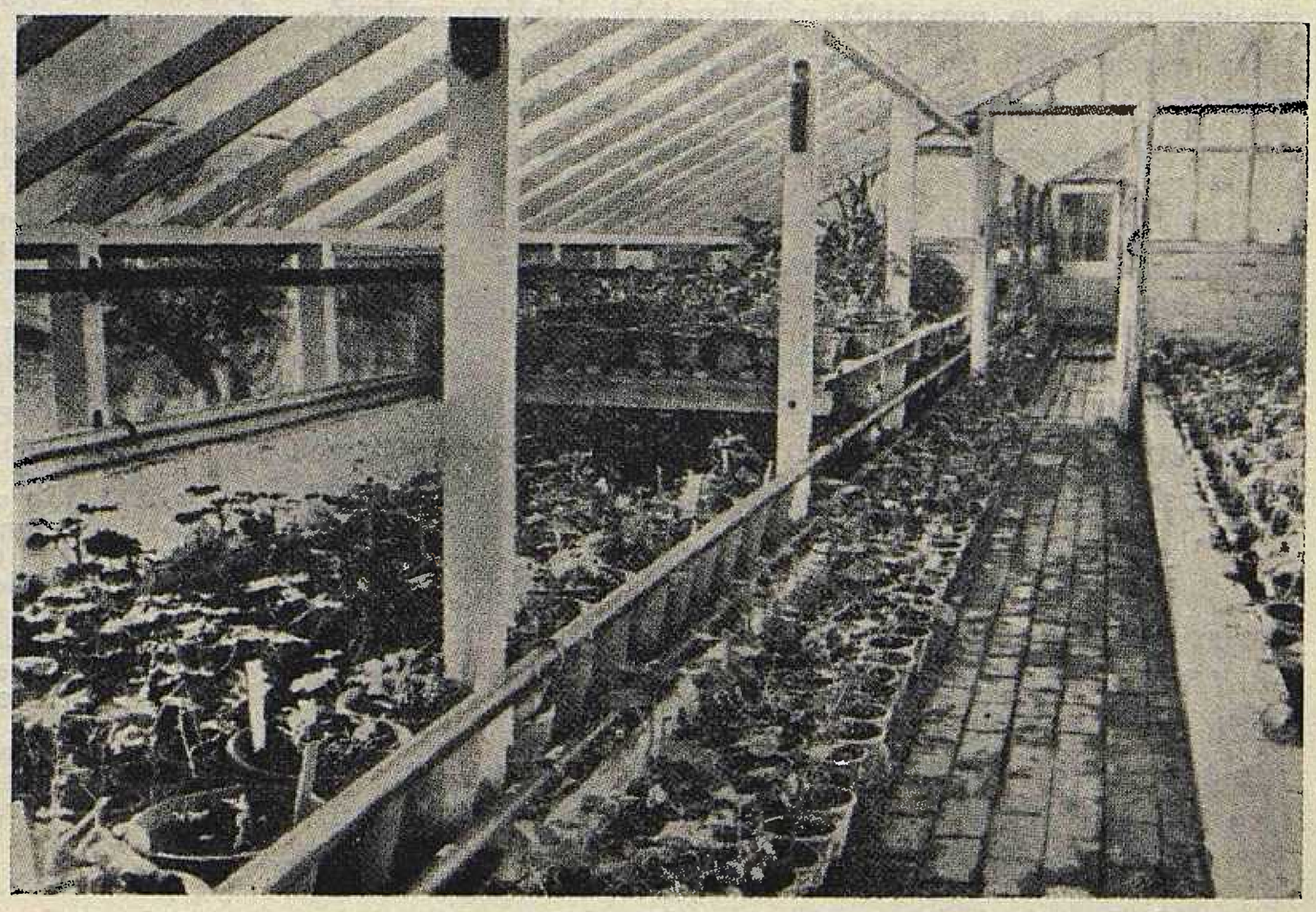
1. *Pri normalnoj instalaciji električnog hlađenja mlijeka i zagrijavanja vode u električnom bojleru*
   a) za hlađenje 1 litre mlijeka 1,09 pfeniga
   b) za zagrijavanje 1 litre vode na 50° C 1,45 pfeniga
2. *Pri instalaciji električne toplinske pumpe sa zagrijavanjem vode u električnom bojleru*
   a) za hlađenje 1 litre mlijeka 0,77 pfeniga
   b) za zagrijavanje 1 litre vode na 50° C 1,03 pfeniga

Pomoću električne toplinske pumpe ušteđuje se godišnje za dobivanje vruće vode od 60 % na električnoj energiji ili 4.400 kWh za 88.000 litara vruće vode.

U prilog primjene instalacija električnih toplinskih pumpa, naročito na mljekarskim farmama, ide smanjenje priključne snage na distributivnim mrežama jer takve instalacije mogu raditi ujednačeno u toku skoro cijele godine. Traženje mogućnosti šire primjene električne toplinske pumpe u poljoprivredi pobuđuje interes nekih proizvođača tih uređaja. U Zapadnoj Njemačkoj ima preko 40 proizvođača električnih toplinskih pumpa, koji kompletne agregate raznog kapaciteta izrađuju za razne svrhe.

Engleska. U pogledu primjene električne toplinske pumpe u poljoprivredi nije mnogo rađeno u Engleskoj osim veće upotrebe električnih hladnjaka za čuvanje namirnica na farmama. Međutim, probleme primjene toplinske pumpe uopće, u Engleskoj razmatra veći broj stručnjaka, pa su u tom pravcu vršena istraživanja i objavljene studije.

Vrijedno je spomenuti interesantnu primjenu električne toplinske pumpe za zagrijavanje zimske bašte u Eastbourne-u. Pokus je uspješno sprovela firma »South Eastern Electricity Board« 1956, pod nazivom »Zimska bašta« Westlords i ta instalacija i danas dobro radi. U bašti treba da se zimi održi temperatura oko 12° C da se sačuvaju biljne kulture, a toplina se crpe iz zemlje pomoću električne toplinske pumpe od 4 KS. Kompresor radi s freonom 12, a evaporator se sastoji od željeznih pocinčanih cijevi promjera 30 mm u dužini oko 75 m, koje su u obliku serpentine položene u zemlju voćnjaka na dubinu od 60 cm ispod površine. Kondenzator toplinske pumpe sastoji se iz bakrenih cijevi ugrađenih u termički izoliran rezervoar s vodom od oko 1000 litara. U rezervoaru se za-



Sl. 8. Nutarnji izgled staklenika »Westlords« (Engleska), grijanog pomoću električne toplinske pumpe

grijava voda na 50° C i tu se akumulira. Mala elektromotorna pumpa od svega 1/9 KS iz rezervoara tjera toplu vodu kroz cijevi grijanja u baštu. Čitava instalacija radi automatski pomoću ugrađenih kontrolnih instrumenata za temperaturu i vlažnost zraka. Termostati su montirani u zemskoj bašti. S obzirom na dosta blagu klimu toga kraja Engleske u toku zime za vrijeme od 60 dana potrošnja električne energije za zagrijavanje te bašte (od 8. oktobra do 6. decembra 1956) iznosila je ukupno 1618 kWh (oko 27 kWh dnevno), a za 116 dana tj. do kraja 31. januara 1957. prosječno po 33 kWh dnevno. Ovdje je ostvaren dobar stepen pretvaranja energije tj. $K_p = 2{,}9$. Na sl. 8 prikazan je unutarnji izgled ta bašte u Engleskoj.

Premda u Engleskoj nije velika primjena električne toplinske pumpe, ipak se i dalje vrše istraživanja o mogućnosti upotrebe električne toplinske pumpe u instalacijama mljekara za dobivanje vruće vode od otpadne topline mlijeka.

UVJETI ZA PRIMJENU ELEKTRIČNE TOPLINSKE PUMPE U NAŠOJ ZEMLJI

U našoj zemlji nema za sada veće primjene električnih toplinskih pumpa za poljoprivredne svrhe, osim instalacija električnih hladnjača za čuvanje namirnica ili hladnjača za duboko smrzavanje životnih namirnica, kao i instalacija za klimatizaciju komora jaja, zaklane peradi i sl. Međutim, u zemlji postoji interes većih poljoprivrednih gospodarstava za primjenu ovakvih instalacija. Tome doprinose slijedeći faktori: koncentracija poljoprivredne proizvodnje u obliku velikih gospodarstava (površine preko 5.000 ha) s instalacijom za industrijsku preradu tih proizvoda (velike mljekare, šećerane, prerada mesa i dr.) gdje su potrebne velike količine tople vode u proizvodnji i gdje treba racionalnije koristiti gorivo za isparivanje tekućina. S druge strane postoji mogućnost korištenja obilnih izvora topline nižeg stepena kako prirodnih, tako i otpadnih toplina vode od kondenzacija termoelektrana ili industrijskih postrojenja. Domaća industrija električnih toplinskih pumpa zainteresirana je za takvu primjenu u poljoprivredi. Instalacijom agregata toplinskih pumpa na gospodarstvima povrćarskog smjera može se ostvariti u klimatski blažim područjima da se zimi griju takvi poljoprivredni objekti, a ljeti da se ti isti agregati koriste za hlađenje komora za čuvanje povrća i voća u svježem stanju.

Da bi se dobilo iskustvo s upotrebom električne toplinske pumpe za klimatizaciju zimske bašte za rano dozrijevanje povrća, Institut »Nikola Tesla« iz Beograda je krajem 1961. postavio pokusnu električnu instalaciju na poljoprivrednom dobru »Primorje« u Hercegnovom gdje vladaju blaže klimatske prilike. Toplinska pumpa za toplinski izvor koristi zemlju na dubini od 1 m, a temperatura zemlje se kreće zimi od + 4 do + 10° C. Instalirana je, u saradnji sa »Jugostrojem« iz Rakovice električna toplinska pumpa od 7,5 KS, sa 12.000 kcal/h za akumulaciju topline u vodi, s temperaturom od 48° C koja služi za održavanje temperature bašte od oko 20° C. Površina bašte je oko 100 m² i pokrivena je polietilenskom folijom umjesto staklom. Temperatura i vlažnost zraka u bašti automatski se regulira. Pokusi su u toku, a dosad su dobiveni zadovoljavajući rezultati. S istim agregatom toplinske pumpe projektom se predviđa podizanje komore za čuvanje povrća u zapremini od 90 m³ tj. za dnevni kapacitet hlađenja od 5 tona ili s kapacitetom uskladištenja od 15 tona povrća. Želi se, da se na taj način dobiju povoljniji uslovi iskorištavanja ove instalacije.

ZAKLJUČAK

Električna toplinska pumpa u poljoprivredi ima veću primjenu u obliku agregata »air conditioning« za stanove ili za hladnjake namirnica na farmama. Upotreba električne toplinske pumpe u poljoprivrednim procesima na osnovu izvršenih pokusa u nekim zemljama već se uvodi. Najjednostavnija primjena je dobivanje vruće vode u mljekarama s korištenjem otpadne topline mlijeka pri hlađenju neposredno nakon mužnje. Isto tako, iskustva američkih farma daju ohrabrujuće izglede u primjeni električne toplinske pumpe za klimatizaciju skladišta povrća i voća, klimatizaciju peradarnika i svinjaca, jer se time znatno povećava proizvodnost. Već sada se počela u SAD na nekim farmama komercijalno primjenjivati toplinska pumpa za neke poljoprivredne procese.

Početni troškovi instalacija toplinskih pumpa manjih snaga još su dosta visoki, ali ako se električna toplinska pumpa koristi veći broj sati godišnje tj. da zimi služi za grijanje, a ljeti za hlađenje, njena primjena može biti ekonomična.

Iskustva u Švicarskoj u uspješnoj primjeni električnih toplinskih pumpa većih snaga za industrijske potrebe gdje se zahtijevaju velike količine vruće vode mogu biti lijep poticaj za poljoprivrednu primjenu kod većih farma koje imaju interesa za racionalizaciju goriva i za smanjenje vršnih opterećenja električnih distributivnih mreža, kao i u redukciji potrošnje električne energije pri dobivanju nesmanjenog toplinskog efekta zagrijavanja.

Literatura

[1] A. Baumann i D. Marples, *Einige Anwendungen der Wärmepumpe als Heizmaschine,* Brown Boveri Mitteilungen br. 7—8 (1943), str. 146, Baden.

[2] R. Schmid, *Die praktische Anwendung der Wärmepumpe.* BB Mitteilungen br. 9—10, (1948), str. 252, Baden.

[3] Ch. P. Davis Jr. and L. Sammet, *Heat Pump Applications on the Farm.* Purdue Agricultural Experiment Station, Lafayette, Indiana (USA), (1948).

[4] G. Foster, *Methods of Conditioning Shelles Corn,* Agricultural Engineering, okt. 19 (1950), str. 497.

[5] L. Charity, V. Baker, U. Earp, *Heating Water with a Milk Cooler Using the Heat Pump Principle.* Agricultural Engineering br. 4, (1952), Michigan (USA).

[6] Ch. Davis Jr., *Possible Farm Applications of the Heat Pump.* Agricultural Engineering, str. 34, (1953), br. 3.

[7] T. Hildebrand, *Heat Pump Applications on the Farm.* Farm Electrification Conference, Minneapolis, Minn. Oct. 29—31, American Institute of Electrical Engineers, New York (1947).

[8] H. Lawrence, *Eastbourne Heat Pump.* Electrical Review, 14. juni, (1957), London.

[9] M. V. Griffith, *Heat Pump Operation in Great Britain.* Electrical Research Association, Leatherhead, Tech. Report Y/T 22 (1958), London.

[10] C. Brand, *Elektrisches Milchkühlen und Wasserbereiten durch die Wärmepumpe* ÖZE br. 3 (1958), Elektrowärme, Beilage 1/2 Wien.

Naslov pisca: Ing. Vladimir Zlokvić, viši naučni suradnik Instituta »Nikola Tesla«, Beograd, Cetinjska ulica br. 8

HIDROELEKTRANA SPLIT U PRVOJ GODINI RADA

Ante Busatto, Split

U kratkim crtama opisan je rad HE Split, koja je puštena u pogon prije godinu dana. Analizirani su rezultati ispitivanja teškoća, koje su se pojavile tokom rada postrojenja, opreme i posade. Konačan je zaključak, da je elektrana pogonski pouzdana, da njome može upravljati i da je može održavati minimalna posada, da je uspješno projektirana i izvedena i da se pojedini manji nedostaci mogu bez teškoća ukloniti.

DK 621.311.21

Uvod

Hidroelektrana Split proizvela je prvu milijardu kilovatsati početkom oktobra, po prilici nakon godine dana rada prvog stroja. Bila je to godina u kojoj je došlo do visokog stepena opremljenosti i stabilizacije pogona, pošto je posada ovladala objektom. Danas je dakle moguće dati prvu ocjenu svrsishodnosti postavki i ostvarenja projekta, te ocjenu pogonske spremnosti. Treba istaknuti da je montaža opreme, kao i izgradnja čitavog objekta, izvršena u izvanredno napregnutim i isprepletenim uvjetima radi brzine gradnje (glavni su radovi trajali svega tri i po godine), da je pogon zato započeo samo s najnužnijim stepenom sigurnosti hidroelektrane kao cjeline, te da se odvijao, u svojoj prvoj polovini, u uvjetima teškog manjka energije (kraj ljeta 1961 — zima 1962).

Već par dana nakon uključivanja prvog agregata (16. VIII 61) u mrežu, obustavljena je proizvodnja HE Kraljevac zbog štednje vode, a par dana nakon uključivanja drugog agregata (8. II 62), došlo je do poznatog rušenja stupova na dalekovodu Jajce — Zagreb, te je dalekovod 220 kV HE Split — TS Mraclin preuzeo puno opterećenje.

U daljnjem iznosimo najvažnije, a ujedno manje-više i jedine, probleme, koji su se pojavili kao bitni.

Pulzacije na turbinama

Zbog odvajanja strujanja vode kroz turbinu, kao i zbog različitih podtlačnih uslova u difuzoru, nastupaju kod Francisovih turbina za niskih opterećenja, a ponekad i kod preopterećenja, pulzacije. U HE Split nastupaju međutim u području visokog stepena učina izrazite pulzacije pritiska na ulazu u turbinu, koje se održavaju sve do vodne komore, a koje nisu normalne u tom za rad stroja vrlo interesantnom području. Amplituda ovih pulzacija pritiska, kojih je frekvencija vrlo pravilna, iznosi oko $\pm$ 2 atmosfere.

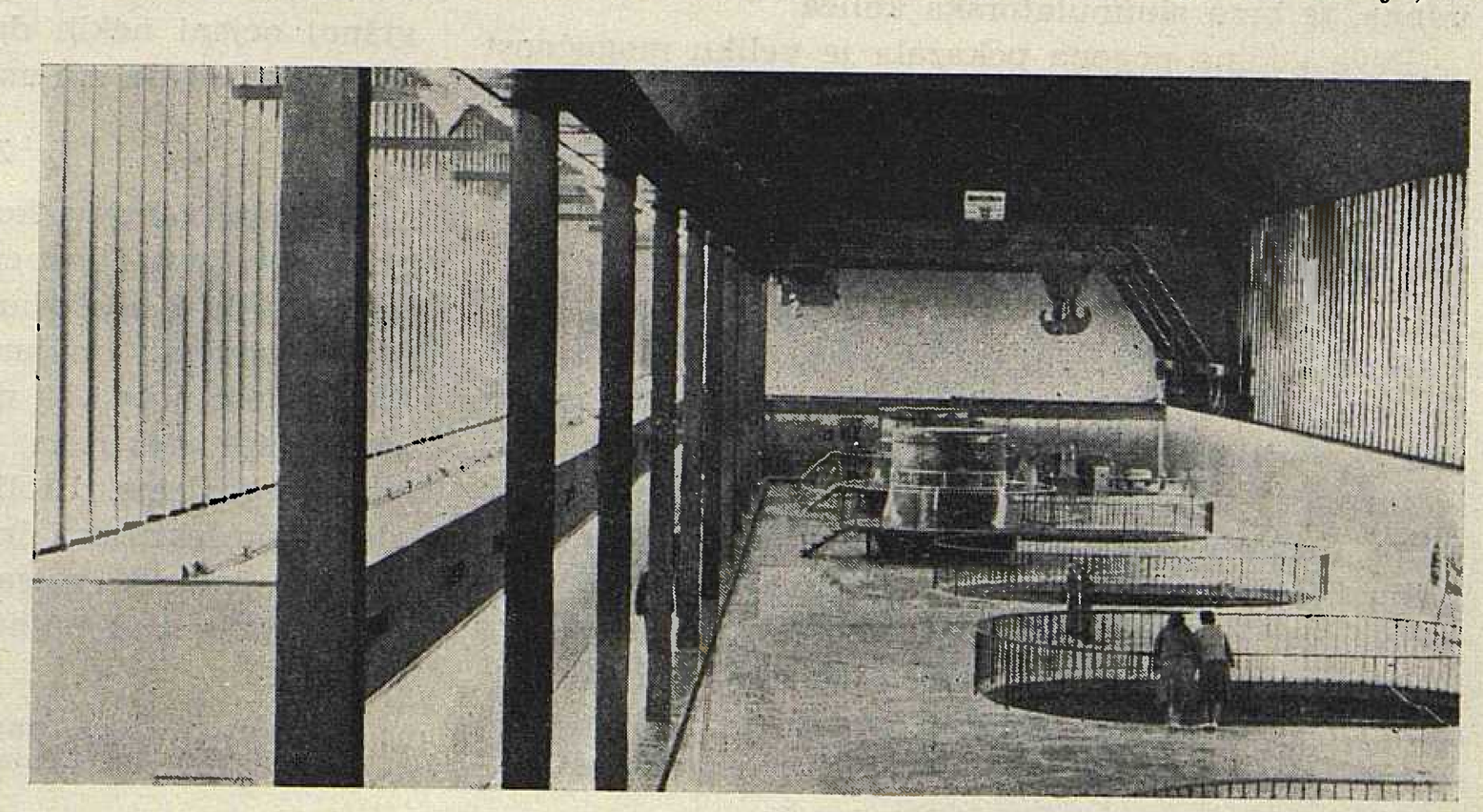
Oscilografom s uređajem za registraciju amplituda mjerene su vibracije turbinske osovine iznad vodećeg ležaja. Mjerenja su vršena u području opterećenja drugog agregata od 30 do 118 MW. U području opterećenja preko 100 MW pojavljuje se nekontinuirano povećanje vibracija. Ovo povećanje, koje inače prestane poslije kraćeg vremena konstantnog otvora turbine (3 do 5 minuta), postiže u području pojave pulzacija u hidrauličnom sistemu (oko 104 MW) dvostruku vrijednost. Povećane vibracije ostaju i djelomično u području rada turbine od 104 — 118 MW. Vibracije u području pulzacija, a pogotovo one u drugim područjima visokog opterećenja, po svojoj apsolutnoj vrijednosti nisu opasne za stroj, nego su samo kvantitativni indikator kvalitetnih promjena koje nastaju prema onom mirnog hoda ispod 100 MW. Same pulzacije rezultiraju njihanjem aktivne snage u ritmu $^1/_4$ do $^1/_2$ osnovne frekvencije, te su pogonski nepodnošljive.

Na žalost, uspješne mjere u cilju smanjenja pulzacija na granice podnošljive za pogon ne mogu se ustanoviti laboratorijskim putem na modelu, a i mogućnost stavljanja stroja na dulje slobodno raspolaganje bila je do sada ograničena zbog energetskih razloga. U budućnosti će se posvetiti najveća pažnja uklanjanju ovih pojava, odnosno smanjenju na pogonski podnošljive.

Ispitivanje

Program ispitivanja opreme i pojedinih objekata izvršen je u nešto širem opsegu od uobičajenog i ugovorenog, dok neka ispitivanja još nisu ni obavljena, kao što su snimanja konzumpcionih krivulja organa brane, prijelazne pojave u donjoj vodi i slično.

Prilikom prve revizije ulaznog uređaja, utvrđeno je onečišćenje donjeg dijela rešetke kao posljedica prvog punjenja akumulacije dnevnog izravnanja, a



Sl. 1. Hidroelektrana Split (do studenoga 1962. preko 40 000 posjetilaca)

lošeg rada čistilice. Ovo onečišćenje imalo je za posljedicu znatno povećane gubitke pada, gomilanje većih količina zraka u dovodnom tunelu, koji je čak jednom prilikom eksplozivno izbio iz tunela. Radi provjere ispravnosti projekta i gubitka pada (ulazni uređaj — dovodni tunel — vodostan), te izvedbe tunela (hrapavosti), predviđeno je naknadno mjerenje protoka u tunelu radioizotopima. Iako se prethodno utvrdilo da je onečišćenje rešetke glavni uzrok prije spomenutih pojava, ipak se je ovo mjerenje sprovelo. Rezultati su pokazali ispravnost projekta i izvedbe.

Mjerenje iskoristivosti turbine izvršeno je samo na jednom stroju zbog potpuno sličnih hidrauličkih uvjeta. Ovo je mjerenje sprovedeno metodom hidrometričkih krila smještenih u tlačnoj cijevi. Privremeni rezultati koje za sada posjedujemo, nalaze se strogo u garantnim vrijednostima.

Detaljniji opis ovog mjerenja, kao i onog radioizotopima, te njihova usporedba, bio bi predmet posebnog izvještaja.

Pokazalo se da je naša mreža danas već toliko čvrsta da se, uz ograničenu pažnju, može potpuno koristiti za mjerenja snage, protoka i iskoristivosti strojeva. Tako je, barem za sada, vodni otpor postao suvišan.

Posada

Već u toku izrade glavnog projekta polazilo se, kod rješavanja pojedinih problema, sa stanovišta da posada bude minimalna, te je niz rješenja bio podređen ovoj postavci. Smještaj komande vani, uz rasklopno postrojenje, povećao je međusobnu fizičku udaljenost posade i time navodio na njeno brojčano povećanje. Ovo se nadoknadilo koncentriranjem maksimalnog broja manipulacija na same dvije tačke (rasklopna ploča strojeva i vlastite potrošnje na generatorskom katu uz glavne i kućne generatore — komanda uz rasklopno postrojenje), zatim smanjivanjem broja manipulacija (samomazni ležaji i daljinsko upravljanje pomoćnim pogonima), te ostvarenjem komandnog pulta minimalnih dimenzija izvedbe s mikroaparatima. To je olakšalo definiranje posla i suzilo radijus kretanja turbinovođe i uklopničara. Nasuprot tome postavljen je vrlo pokretljivi vođa smjene, kojem to olakšava niz pomoćnih sredstava kao interfon, dojavni kombinirani svjetlosni i akustični signali duž njegovog pravca kretanja, gusta mreža telefona, te brza akumulatorska kolica.

Prva godina pogona pokazala je veliku mogućnost ukidanja četvrtog radnog mjesta mazača u strojarnici, kao smjenske osobe. Ovo će se ostvariti daljnjom uvježbanošću posade i uklanjanjem izvjesnih slabosti pomoćnih pogona.

Ostala oprema

Poteškoće, koje zahtijevaju povećanu pažnju, pojavljuju se u sistemu rashladne vode. Usisne cijevi pumpa rashladne vode nalaze se preblizu izlazu vode iz turbina, što uz oscilaciju donje vode radi utjecaja plime i oseke, utječe na povećanu pojavu zraka i potrebu češćeg odzračivanja u pojedinim tačkama. Nadalje, potrebno je ugraditi filtere. Rezervna dobava rashladne vode iz tlačnih cijevi pomoću poništača tlaka tipa Džonson, ne funkcionira u redu radi kavitacionih udaraca, a dobavljač još nije izveo rekonstrukciju. Zbog toga taj inače statičan pogon, kada je dobro izveden, zahtijeva sada povećani nadzor.

Primjedba na kućne strojeve 2 × 1 MVA druge je vrste: oni su naime pogonski sigurni, ali su izvedbeno i estetski improvizirani. Ubuduće bi jedan od proizvađača, ili onaj turbine ili onaj generatora, morao biti isključivi isporučilac, koji bi cjelinu i estetski i izvedbeno uskladio.

Posebna pažnja posvećena je projektiranju i izvedbi uzemljenja. Njoj se može zahvaliti da nekoliko teških kratkih spojeva unutar rasklopnog postrojenja praktički nije izazvalo štete na aparatima. Izmjereni otpor rasprostiranja uzemljivača samo vanjskog rasklopnog postrojenja iznosi 0,16 oma, odnosno cijelog postrojenja, uključivši i dalekovode, 0,113 oma. Naponi dodira i koraka znatno su ispod dozvoljenih granica.

U krugovima elektroprivrede diskutira se o kvalitetama pojedinih vrsta opreme, na razne načine i na raznim mjestima, što je posljedica razumljivog nastojanja, da se olakša izbor odgovarajuće opreme ili poboljša njezina izvedba. Budući da je za te diskusije pogonsko iskustvo bitan element, navodimo neka mišljenja o opremi, koja je ugrađena u hidroelektrani Split.

Prednost koja je dana poslužnim ormarima niskog napona pred oklopnim razdjelnim ormarićima pokazala se pravilnom.

Zamijenjeni su svi osigurači niskog napona 200 A (UZ) s osiguračima velike prekidne snage (NP).

U budućnosti treba dati prednost elektromotornim pogonima manjih hidromehaničkih zatvarača pred hidrauličkim pogonom. Ovo čak i u vlažnim prostorijama uz odgovarajuću zaštitu električnih motora (grijanje).

Pneumatski pogoni i razvod rasklopnih postrojenja funkcioniraju besprijekorno. Gubici su podnošljivi.

Signalni sklopnici rastavljača vanjskog rasklopnog postrojenja moraju biti najbolje izvedbe, kod takve sheme upravljanja, gdje su oni međuelement u seriji.

Kod velikih motora, bitnih za pomoćne pogone, treba ugraditi pokretače najkvalitetnije izvedbe.

Izvedba komande, koncentrirane u cjelini na pult dimenzija 5,23 × 1,1 m, udovoljila je svim zahtjevima, a da nije bilo poteškoća s instrumentima, iako nisu robustne izvedbe. Svjetla shema, pored efektne izvedbe, olakšava orijentaciju rasklopnog stanja, bez unašanja smetnja u sistem upravljanja (protivno površnoj ocjeni nekih dosadašnjih autora).

Sva je ostala oprema dobra.

Zaključak

Osnovni zahtjev, koji se postavlja u ocjeni hidroelektrane, jest, da je ona pogonski pouzdana, te da se upravljanje i održavanje može obavljati s minimalnom posadom. Provjera dobrog projekta i izvedbe u tom smislu neće biti nikada bez zamjerke i iskustva, jer je hidroelektrana, pogotovo velike snage, kompliciran organizam. Utoliko je hidroelektrana Split uspješno projektiran i izveden objekt, jer su baš te zamjerke, izuzevši opisane pulzacije turbina, brojčano dohvatljive, nisu najbitnije i većim se dijelom mogu ukloniti.

Naslov autora: Ing. Ante Busatto, Split, Hidroelektrane na Cetini

ELEKTRIFIKACIJA OPĆINE OPATIJA

Ivan Janić, Zagreb

Načelne smjernice elektrifikacije općine Opatija za perspektivu od 30 godina. Obuhvaćeno područje općine Opatija s malim dijelom riječke općine koji gravitira na promatranu mrežu, imat će na kraju promatranog perioda oko 47.000 stanovnika i 14.100 kućanstava. Rezultat analize pokazuje da će maksimalno opterećenje obuhvaćenog područja iznositi 26 MW, a potrošnja električne energije 95.600 MWh. Ovome odgovara prosječni godišnji eksponencijalni prirast od 7,4 % za maksimalno opterećenje, odnosno 7,7 % za potrošnju električne energije.

DK 621.311.1 (497.13)

SADAŠNJE STANJE

Područje i stanovništvo

Obuhvaćeno područje općine Opatija s nekoliko mjesta bivše riječke općine Zamet (Kastavština), ima površinu od cca 500 km².

Prema popisu stanovništva od 1953. na tom području živjelo je ukupno 29.500 stanovnika, odnosno 59 stanovnika po km². Ukupni broj kućanstava iznosio je 9.043. Na jedno kućanstvo dolazila su prosječno 3,3 stanovnika.

Čitavo ovo područje gravitira Rijeci, kao svom središtu. Gotovo sva mjesta imaju vrlo dobre veze s Rijekom, pa stoga putuje svakodnevno velik broj radnika u Rijeku, naročito iz mjesta Matulji, Jurdani i Opatija.

Glavna privredna grana općine Opatija je turizam. Mjesto Opatija, vrlo poznato i u inozemstvu, s dugogodišnjom ugostiteljskom tradicijom, najvažnije je mjesto ovog područja. Zatim slijedi Lovran, te niz ostalih mjesta: Ika, Medveja, Mošćenička Draga i dr.

Broj turista i broj noćenja u stalnom je porastu. Naročito je velik porast broja odnosno noćenja inozemnih turista.

Razvoj elektrifikacije

Opatija je relativno rano dobila električnu energiju (1896), pomoću malih agregata istosmjerne struje, koji su bili smješteni u hotelima i privatnim vilama.

Godine 1908. pušten je u promet električni tramvaj Matulji—Opatija—Lovran.

Godine 1917. sagrađena je, kao privatno vlasništvo, parna elektrana snage 350 kVA, a ujedno se prešlo od istosmjerne na izmjeničnu struju. Ova elektrana rekonstruirana je godine 1927. na pogon dizelskim motorima i ujedno je prešla u vlasništvo općine Opatija. Rekonstruirana elektrana imala je dva dizelska agregata s generatorima od 630 kVA i 235 kVA, napon 5 kV, 50 Hz.

Godine 1931. preuzela je riječka termoelektrana napajanje električnog tramvaja, a 1932, kada je tramvaj prestao saobraćati, i sav ostali konzum Rivijere.

Opatijska elektrana stavljena je u rezervu.

Enegija se prenosila u Opatiju i Lovran pomoću 15 kV kabelom 3 × 25 mm² Cu duljine oko 10 km, koji je položen 1931. između rasklopne stanice »Volta« na Rijeci i transformatorske stanice »Ferraris« u Opatiji. Kasnije (1933—1934) se električna energija prenosila sa 10 kV i do Matulja, Jušića, Kastva i Mučića.

Transformatorska stanica »Ferraris« bila je povezana s rasklopnim postrojenjem dizelske elektrane Opatija iz koje su izlazili daljnji vodovi za Opatiju i Lovran.

Godine 1936. sagrađen je nadzemni vod 5 kV Lovran—Medveja. Iste godine elektrificirana je željeznička pruga Trst—Pivka—Rijeka.

Zbog razlike u frekvenciji, pregrađeni su 1938/39 generatori opatijske elektrane od 50 Hz na 42 Hz, te je time ostvarena mogućnost paralelnog rada s riječkom termoelektranom.

Godine 1940. sagrađena je transformatorska stanica 132/50 kV Matulji, koja je 1954. rekonstruirana na 110 kV/30 kV, a 1956. izgrađen je vod 30 kV Matulji—Opatija i transformatorska stanica 30/10 (5) kV Opatija.

Godine 1956. stavljena je elektrana Opatija van pogona. Iste godine sagrađen je vod 10 kV Strmac—Plomin—Brseč—Mošćenička Draga 3 × 16 mm² Cu.

Električna mreža

Glavni izvor električne energije za promatrano područje, je transformatorska stanica 110/30 kV Matulji, odakle se električna energija prenosi vodom 30 kV (kabel 3 × 50 mm² duljine 0,16 km i nadzemni vod 3 × 35 mm² Cu na čeličnim rešetkastim stupovima duljine 3,1 km) do transformatorske stanice 30/10 (5) kV Opatija.

U stanici su instalirana dva transformatora po 2,5 MVA, od kojih jedan radi na 5 kV.

Razvodna kabelska mreža 5 kV potpuno je dotrajala i premalog kapaciteta. Međutim u zadnje vrijeme zamijenjen je velik dio kabelske mreže 5 kV novim kabelima 10 kV, 3 × 70 mm² i 3 × 35 mm².

Okolna mjesta i sela u zaleđu Rivijere, te područje Matulji—Ružići—Klana snabdijevaju se nadzemnim vodovima 10 kV.

Ukupna duljina nadzemne mreže 10 kV na promatranom području iznosi oko 60 km, a kabelske mreže 10 (5) kV, 38 km, od čega na kabelsku mrežu 10 kV otpada 20 km.

Postoje ukupno 72 transformatorske stanice 10 (5)/0,4 kV s ukupno instaliranom snagom od cca 11.600 kVA.

Konzum

Ukupna potrošnja električne energije iz TS 30/10 (5) kV Opatije u godini 1960. bila je 10.203 MWh.

Struktura potrošnje bila je slijedeća:

	MWh
Kućanstvo	6.410
Poslovne i društvene prostorije	1.026
Motori i aparati	1.144
Javna rasvjeta	604
Vodovod	315
Industrija	324
Preprodavači	380
Ukupna potrošnja	10.203
Gubici električne energije (13,8%)	1.633
Nabavljena električna energija	11.836

Kako se vidi iz strukture potrošnje, glavni potrošač električne energije je kućanstvo (63 % od ukupne potrošnje električne energije).

Maksimalno opterećenje iznosilo je 1960. godine 3,1 MW, a nastupilo je ljeti oko 19 sati. Zimsko vršno opterećenje iznosilo je 2,7 MW, a nastupilo je također oko 19 sati.

PERSPEKTIVNI RAZVOJ KONZUMA

Perspektivno maksimalno opterećenje i potrošnja električne energije procijenjeni su za period od cca 30 godina, koliko se prosječno uzima i trajnost mreže.

Analiza perspektivnog konzuma provedena je posebno za a) široku potrošnju b) turizam i c) industriju i ostale potrošače.

Široka potrošnja

U grupu široke potrošnje uzet je konzum za kućanstva, obrt, poslovne i društvene prostorije, izuzevši turizam, koji je radi svog značaja za promatrano područje svrstan u posebnu grupu, te javnu rasvjetu.

Kod analize perspektivnog konzuma sveden je konzum široke potrošnje na jedno kućanstvo.

Stanovništvo je prema značaju pojedinih mjesta podijeljeno u četiri grupe.

U I grupu spada glavno mjesto i središte općine: Opatija.

U II grupu spadaju mjesta: Ičići, Ika, Lovran, Medveja i Mošćenička Draga (Rivijera).

U III grupu spadaju mjesta: Kastav, Klana, Matulji i Permani.

U IV grupu spadaju sva ostala mjesta.

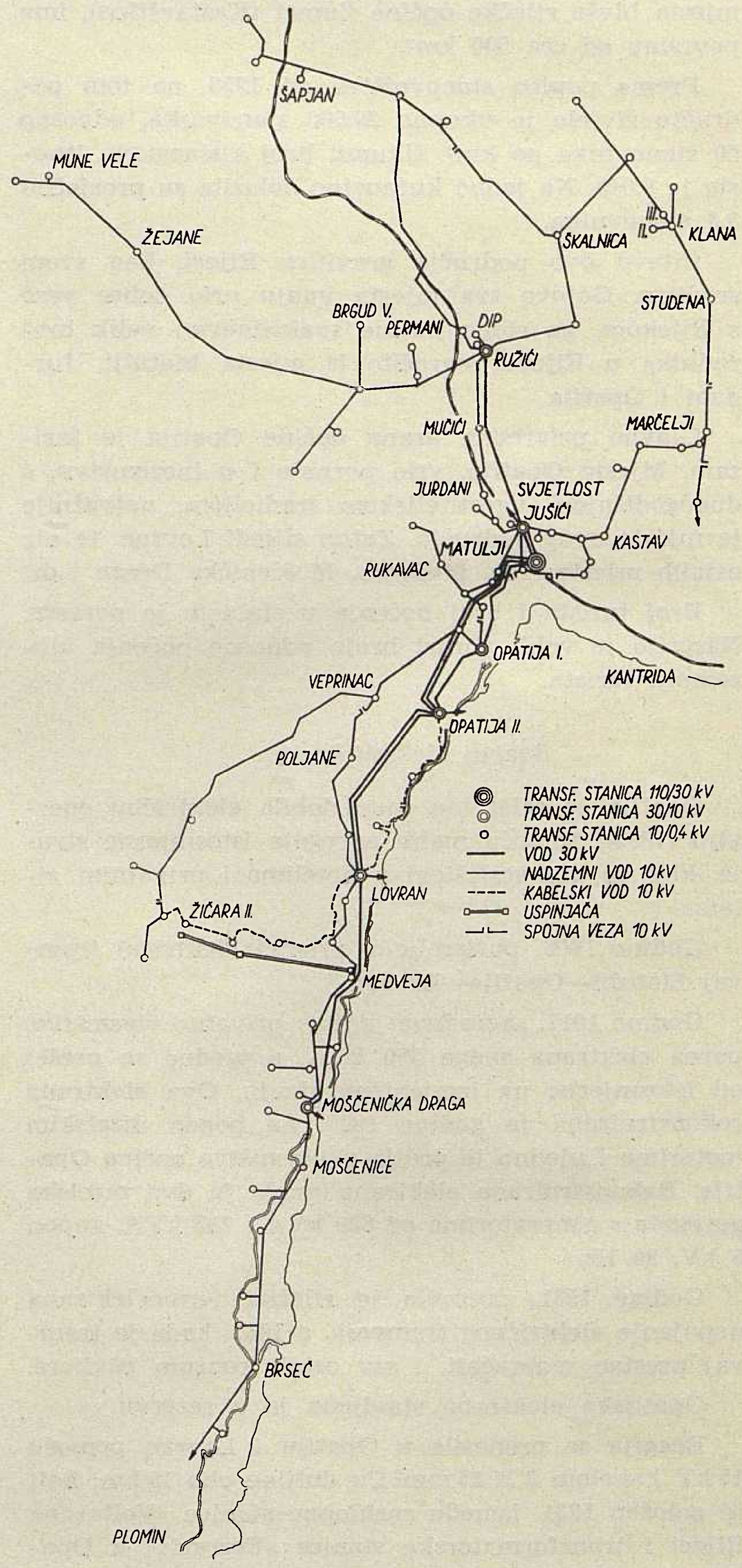
Kako područje distributivnog poduzeća »Elektroprimorje« Rijeka, pod koje spada i promatrano područje, ima relativno veliku specifičnu široku potrošnju električne energije koja je 1960. iznosila 1425 kWh/kuć., dok je područje općine Opatija nešto iznad prosjeka, to je za pojedine potrošačke grupe odabran relativno veći specifični konzum i specifično opterećenje široke potrošnje:

I grupa:	1800 W (nivo DV 10 kV)	5400 kWh/god.
II grupa:	1600 W (nivo DV 10 kV)	4800 kWh/god.
III grupa:	1300 W (nivo DV 10 kV)	3900 kWh/god.
IV grupa:	800 W (nivo DV 10 kV)	2000 kWh/god.

Kod toga je za I, II i III grupu uzeto upotrebno vrijeme maksimalnog opterećenja na nivou DV 10 kV 3000 h/god, a za 1V grupu 2500 h/god.

Potrošnja električne energije je jednaka za sve elemente mreža uz zanemarenje gubitaka.

Na promatranom području bilo bi 1990. ukupno oko 47.000 stanovnika i 14.100 kućanstava s prosječnom gustoćom od 3,3 stanovnika po kućanstvu.



Buduća situacija visokonaponske mreže na području općine Opatija

Ukupni konzum široke potrošnje iznosio bi 1990. oko 56.500 MWh, a srednja specifična široka potrošnja 4010 kWh/kućanstvu.

Ukupno maksimalno opterećenje široke potrošnje svedeno na nivo TS 30/10 kV iznosi 18.000 kW, dok srednje specifično opterećenje siroke potrošnje iznosi 1275 W/kuć.

Turizam

Zbog sve većeg posjeta turista pokazuje se potreba gradnje novih turističkih objekata: hotela, motela, kampova, vikend-kuća i sl.

Prema urbanističkom planu predviđa se izgradnja novih turističkih objekata na Rivijeri i na Učki sa ukupno 4860 ležaja.

Analiza konzuma pokazuje da bi potrošnja električne energije u turizmu iznosila 6500 MWh, a maksimalno opterećenje 3,3 MW.

Industrija i ostali potrošači

Podaci o industriji i ostalim potrošačima dobiveni su najvećim dijelom od samih potrošača, zatim Narodnog odbora kotara Rijeka, Narodnog odbora općine Opatija, Urbanističkog Instituta Rijeka, te distributivnog poduzeća »Elektroprimorje« Rijeka.

Kod pojedinih transformatorskih stanica 30/10 kV predviđeno je i nedefinirano opterećenje, već prema predviđenoj mogućnosti i uslovima razvoja dotičnog područja. Stoga ne treba kruto uzeti da će se perspektivno opterećenje i konzum dostići baš godine 1990.

Od važnijih potrošača ove grupe može se spomenuti: Tvornica »Svjetlost« i »Mikron« u Jušićima, Drvno-industrijski kombinat u Permanima i Žičara na Učku s polaznom stanicom u Medveji.

Između Jušića i Mučića predviđen je rezervat za industriju.

Analiza konzuma pokazuje da bi potrošnja električne energije ove grupe iznosila 32.600 MWh, dok bi maksimalno opterećenje iznosilo 8,1 MW.

Energetska rekapitulacija

Ukupna potrošnja električne energije promatranog područja iznosila bi:

Široka potrošnja	56.500 MWh
Turizam	6.500 MWh
Industrija i ostali	32.600 MWh
Ukupno	95.600 MWh

Ukupni porast konzuma od 1960. do 1990. iznosi 9,4 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom prirastu od 7,7 %.

Ukupno maksimalno opterećenje iznosilo bi:

Široka potrošnja	18,0 MW
Turizam	3,3 MW
Industrija i ostalo	8,1 MW
Ukupno	29,4 MW

Uzevši u obzir i faktor istodobnosti između pojedinih potrošačkih grupa, ukupno maksimalno opterećenje promatranog područja iznosi 26 MW.

Ukupni porast maksimalnog opterećenja od 1960. do 1990. iznosi 8,4 puta, što bi odgovaralo prosječnom godišnjem eksponencijalnom porastu od 7,4 %.

Ako se uzmu u obzir i ukupni gubici električne energije i snage, onda je za promatrano područje potrebna

električna energija od	104 500 MWh,
električna snaga od	30 MW,
odnosno uz cos $\varphi = 0{,}9$	33 MVA.

OBLIKOVANJE VISOKONAPONSKE MREŽE

Na temelju prije izloženih energetskih podataka oblikovana je i dimenzionirana visokonaponska mreža. Mreža je oblikovana i dimenzionirana za potpunu elektrifikaciju cijelog područja i odnosi se na prognozirani konzum i maksimalno opterećenje za perspektivu od cca 30 godina.

Kod toga su uzeti u obzir, koliko je to bilo moguće i sadašnji vodovi i transformatorske stanice, koji se mogu uklopiti u perspektivnu mrežu.

U rješavanje pojedinih mjesnih mreža (npr. Opatija, Lovran i dr.) nije se ulazilo, te će ih trebati kasnije posebno rješavati.

U perspektivnoj visokonaponskoj mreži uzeti su u obzir naponi 30 kV i 10 kV.

Glavni izvor električne energije za područje općine Opatija bila bi transformatorska stanica 110/30 kV Matulji.

TS 110/30 kV Matulji je predviđena s dva regulaciona transformatora 110/30 kV, od 31,5 MVA.

Prema tome bi približno polovina instalirane snage u TS 110/30 kV Matulji otpala na pokrivanje potrebne snage za područje općine Opatija, a polovina za grad Rijeku.

Mreža 30 kV

Ukupno se predviđa šest transformatorskih stanica 30/10 kV: Opatija I, Opatija II, Lovran, Mošćenička Draga, Jušići i Ružići.

Od toga postoji sada samo TS 30/10 kV Opatija, dok druge stanice treba kasnije izgraditi.

Instalirane snage transformatorskih stanica 30/10 kV su slijedeće:

Opatija I	2 × 4 MVA
Opatija II	2 × 4 MVA
Lovran	2 × 4 MVA
Mošćenička Draga	2 × 2,5 MVA
Jušići	2 × 4 MVA
Ružići	2 × 2,5 MVA

Ukupna instalirana snaga tih stanica iznosi 42 MVA. U njima se predviđaju jednostruke sabirnice 30 kV i 10 kV.

Situacija perspektivne visokonaponske mreže prikazana je na slici.

Predviđeni presjeci vodiča novih nadzemnih vodova 30 kV su 120 mm² i 70 mm² Alče. Ukupna duljina svih vodova 30 kV iznosi 40 km.

Predviđa se radijalni pogon 30 kV mreže. TS 30/10 kV Opatija I napajat će se normalno preko postojećeg voda 3 × 35 mm² Cu duljine 3,2 km. U slučaju kvara na jednom vodu 30 kV Opatija I — Opatija II, drugi vod preuzima opterećenje do blizu granice ugrijavanja. To isto vrijedi za dionicu Opatija II—Lovran.

Mreža 10 kV

Vodovi 10 kV predviđeni su kao radijalni vodovi. Međutim strujni krugovi su u pravilu tako oblikovani da energija može doći i s druge strane. Kod oblikovanja mreže pazilo se da se omogući etapna izgradnja. Kod toga je uzeta u obzir, koliko je to bilo moguće, sadašnja mreža 10 kV.

Svi novi nadzemni vodovi predviđeni su s vodičima od alučela presjeka 35 mm² i 70 mm², dok su kabelski vodovi predviđeni s presjekom 35 mm² i 70 mm² Cu.

Ukupna duljina nadzemnih distributivnih vodova 10 kV iznosi cca 120 km.

Ukupno se predviđa 170 distributivnih transformatorskih stanica 10/0,4 kV, s ukupno instaliranom snagom od cca 47.600 kVA. Na jednu transformatorsku stanicu 10/0,4 kV dolazi prosječno 280 kVA.

Transformatorske stanice 10/0,4 kV predviđaju se u pravilu u obliku zidanih tornjića do snage 250 kVA. Za turistička mjesta i veće industrijske objekte predviđaju se u pravilu transformatorske stanice kabelskog tipa za smještaj transformatora do 630 kVA.

ETAPNA IZGRADNJA

Elektrifikacija općine Opatija izvest će se etapno. U I etapi do godine 1965. predviđa se izvedba slijedećih objekata:

Vodovi 30 kV

Matulji—Opatija II — 3×120 mm² Alče, duljine 5,1 km
Opatija II—Lovran: 3× 70 mm² Alče, duljine 5,1 km.
Matulji—Jušići: 3× 120 mm² Alče, duljine 0,5 km.
Jušići—Ružići: 3× 70 mm² Alče, duljine 5 km

Transformatorske stanice 30/10 kV

Lovran i Jušići s instaliranom snagom od 2,5 MVA.

Važniji vodovi 10 kV

Lovran-RTV, kabel NYFGbY 3×35 mm², duljine 10,2 km,
Medveja—Mošćenička Draga, 3×35 mm² Alče, duljine 4 km,
Zvoneća—Mune Male, 3×35 mm² Alče, duljine 10,5 km.

Literatura

I. Janić, *Osnovno rješenje elektrifikacije Općine Opatija,* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1961.

Naslov pisca: Ing. Ivan Janić, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

ELEKTRIČNO GRIJANJE PROSTORIJA

Božidar Filipović, Zagreb

Prikazan je uspon električnog grijanja prostorija u zapadnoj Evropi. Akumulacionim grijanjem može se poboljšati dijagram opterećenja javne elektrifikacije. Grijaće naprave treba dotjerivati ispitivanjem u specijaliziranim ustanovama. Uz podatke o potrošku topline i električne energije ističe se važnost toplinske izolacije prostorija, projektiranja ogrjevnih uređaja i pogodnih tarifa električne energije. Primjenom toplinskih pumpa može se postići udobno i ekonomično električno grijanje i zračenje prostorija. Poredba s drugim zemljama pokazuje da su neka područja FNRJ za to osobito podesna. Zato treba da jugoslavenska elektroprivreda, elektroindustrija i građevinarstvo zajednički počnu rješavati racionalnu primjenu te vrste grijanja.

DK 697 : 621.3

UVODNA RAZMATRANJA

Električno grijanje prostorija u naprednim se zemljama sve više primjenjuje, što navodi da se razmotri podesnost njegove primjene i kod nas. Želimo li objektivno ocijeniti mogućnost i opravdanost primjene električne energije za grijanje prostorija u našoj zemlji, korisno je baciti pogled na sadanje i buduće značenje električnog grijanja prostorija uopće.

Valja konstatirati da se ovo pitanje vrlo različito prosuđuje u stručnim krugovima i da se često dolazi do posve suprotnih zaključaka i ocjena. Ako se ponajprije osvrnemo na stanovište elektroprivrede, opazit ćemo, da se je negativan stav prema električnom prostornom grijanju, koji je pretežno vladao do prije nekih deset godina, u zadnje vrijeme znatno izmijenio. Danas se ovaj način grijanja vrlo pažljivo i svestrano proučava i izmjenjuju se iskustva na internacionalnoj razini, što dovodi do toga da se sve više pronalaze energetski i ekonomski poboljšana rješenja. Ovakovom razvoju stvari neosporivo je doprinijela opće poznata činjenica, da je električno grijanje prostorija najkomforniji i najhigijenskiji način grijanja. Ta je okolnost neizbježno silila da se proučavanju toga pitanja temeljito pristupi u građevinarstvu, u elektroindustriji i u elektroprivredi. Nepobitno je saznanje, da se električno grijanje može sa stanovišta troškova samo onda

takmičiti s drugim sistemima grijanja ako se pronađu uravnotežena rješenja jednako u pogledu primijenjene tehnike grijanja kao što i u pogledu brižnog planiranja ogrjevnih uređaja za pojedine vrste prostorija.

Električno grijanje je sada u centru pažnje ne samo kod onih koji ga propagiraju, već i kod zastupnika drugih konkurentnih nosilaca energije zbog mogućnosti sve zamašnijeg stupanja električne energije u domenu prostornog grijanja. Danas je očigledno da se električno grijanje snažno probija u naprednim zemljama čak i tamo, gdje se ono simbolički naziva »grijanje ugljenom preko žice«, dakle u zemljama s ugljenom energetskom bazom. Nesumnjivo je onda da za zemlje gdje hidroenergetski izvori znatnije sudjeluju u energetskoj opskrbi, električno grijanje dobiva nacionalno gospodarstveni značaj o kojem valja ozbiljno voditi računa. Na internacionalnom zasjedanju o električnom akumulacionom grijanju prostorija, koje je početkom ove godine održano u Essenu, došlo je do izražaja stanovište, da je električno grijanje već danas dostiglo takav stupanj razvoja da ono može pružiti ne samo komforno već i ekonomično rješenje grijanja prostorija. Da se to može u što većoj mjeri i ostvariti, nužna su daljnja naprezanja oko smanjenja specifičnih potreba na toplini poboljšanjem izolacije prostorija, iznalaženja pogodnije vremenske raspodjele električnog ogrjevnog opterećenja, te dotjerivanja tehnike oko regulacije temperature zagrijavanja.

Za sve ovo važni su zahtjevi, koji se stavljaju općenito na grijanje prostorija i na kvalitet zraka u grijanoj prostoriji koja služi čovjeku bilo za obitavanje bilo za rad. Čovječje tijelo treba da bude u stalnoj toplinskoj ravnoteži i ono radi slično stroju na sagorijevanje koji se napaja zrakom i gorivom te ih pretvara u toplinsku energiju. Dio te topline tijelo pretvara u radnju, a drugi odstranjuje zračenjem, ishlapljivanjem i disanjem. Taj proces biva ometan kad nedostaju potrebne količine zraka ili topline i kad je tijelo pregrijano. Normalna toplina koju čovječje tijelo proizvodi u »praznom hodu« iznosi oko 120 kcal/h, od kojih je 25 kcal potrebno za održavanje takovog stanja. Ostalih 100 kcal treba iz tijela otkloniti da se spriječi njegovo pregrijavanje. To se zbiva kad se oko 50 kcal odvede iz tijela zračenjem, 25 kcal ishlapljivanjem (evaporacijom) i 25 kcal disanjem ili drugim putevima. Takovo hlađenje čovječjeg tijela treba da omogući okolna atmosfera. Da bi tijelo moglo zračiti oko 50 kcal/h, nužno je da se građa koja ga okružuje (pod, zidovi, strop i prozori) održava na temperaturi koja omogućuje takovo odvođenje topline. Šta više, atmosfera u kojoj se čovjek nalazi, treba da ima i određena svojstva u pogledu njenog kretanja i njene vlažnosti. Iskustva i pokusi su pokazali da se optimalna udobnost postizava u prostoriji u kojoj zrak, zagrijan na oko 18 do 20° C, posjeduje sadržaj vlage između 45 i 64 % i pokreće se nezamjetljivom brzinom od 0.2 m/sek [1]. Održavanje takovih uslova može se postići samo u dobro izoliranim građevinama s upravljivom izmjenom svježeg zraka. Dobra toplinska izolacija građevine i dotjerana regulacija zračenja omogućuju značajno smanjenje ogrjevnog opterećenja kao što i potrebnu količinu ubacivanja topline u prostoriju.

DANAŠNJE STANJE RAZVOJA ELEKTRIČNOG GRIJANJA PROSTORIJA

Kako električno grijanje prostorija zauzima sve širu primjenu, pokazuje i razvoj te vrste grijanja u Engleskoj, Belgiji, Austriji, a u najnovije vrijeme i Njemačkoj. Ako se za primjer uzme Njemačka, to proizlazi, da se je zadnjih četrdeset godina odnos cijena ugljena i električne energije znatno izmijenio u korist električne energije. Dok je taj odnos početkom tridesetih godina obilježavao ekvavalent od 1 tone ugljena za 100 kWh, danas se može računati s ekvivalentom od 1500 do 2500 kWh za 1 tonu ugljena [2]. Ovakova poredba ima međutim važnost samo za iznalaženje relativnih odnosa, dok su — apsolutno promatrano još i danas i kod pogodovnih noćnih tarifa — u Njemačkoj troškovi električnog grijanja u pravilu nešto viši od troškova grijanja ugljenom. Od toga su izuzeti naročiti slučajevi grijanja škola i sličnih prostorija gdje se već sada može polučiti jednakost troškova. I u drugim zemljama donio je poslijeratni razvoj znatno poskupljenje ugljena, a što je naročito značajno i povećanje ličnih dohodaka radnih ljudi a time i životnog standarda, dok je cijena električne energije djelomično ostala na istom predratnom nivou, a djelomično — i to napose za noćnu potrošnju — ta se je cijena dapače i snizila. Tamo gdje je međutim došlo do stanovitog povišenja električne energije, ono se je kretalo u vrlo uskim granicama.

Osim cijene električne energije povećavanju ekonomične primjene električnog grijanja doprinijela je elektroindustrija znatnim poboljšanjem tehnike te vrsti grijanja, naročito usavršavanjem električnih naprava za toplinsko akumulaciono grijanje, iako je usporedno s ovim dostignućem primjena običnih žarnih električnih peći u mnogim zemljama dosegla već znatne razmjere. Tako je u Austriji instalirano već 1950. električnih akumulacionih peći s priključnom vrijednosti od 30 MW, a u godini 1960. čak 170 MW. Analogna vrijednost dostiže u Njemačkoj danas 250 MW. U tom pogledu vodi Engleska s priključnom vrijednosti od 750 MW u godini 1959., koja se u 1961. već povisuje na 1400 MW.

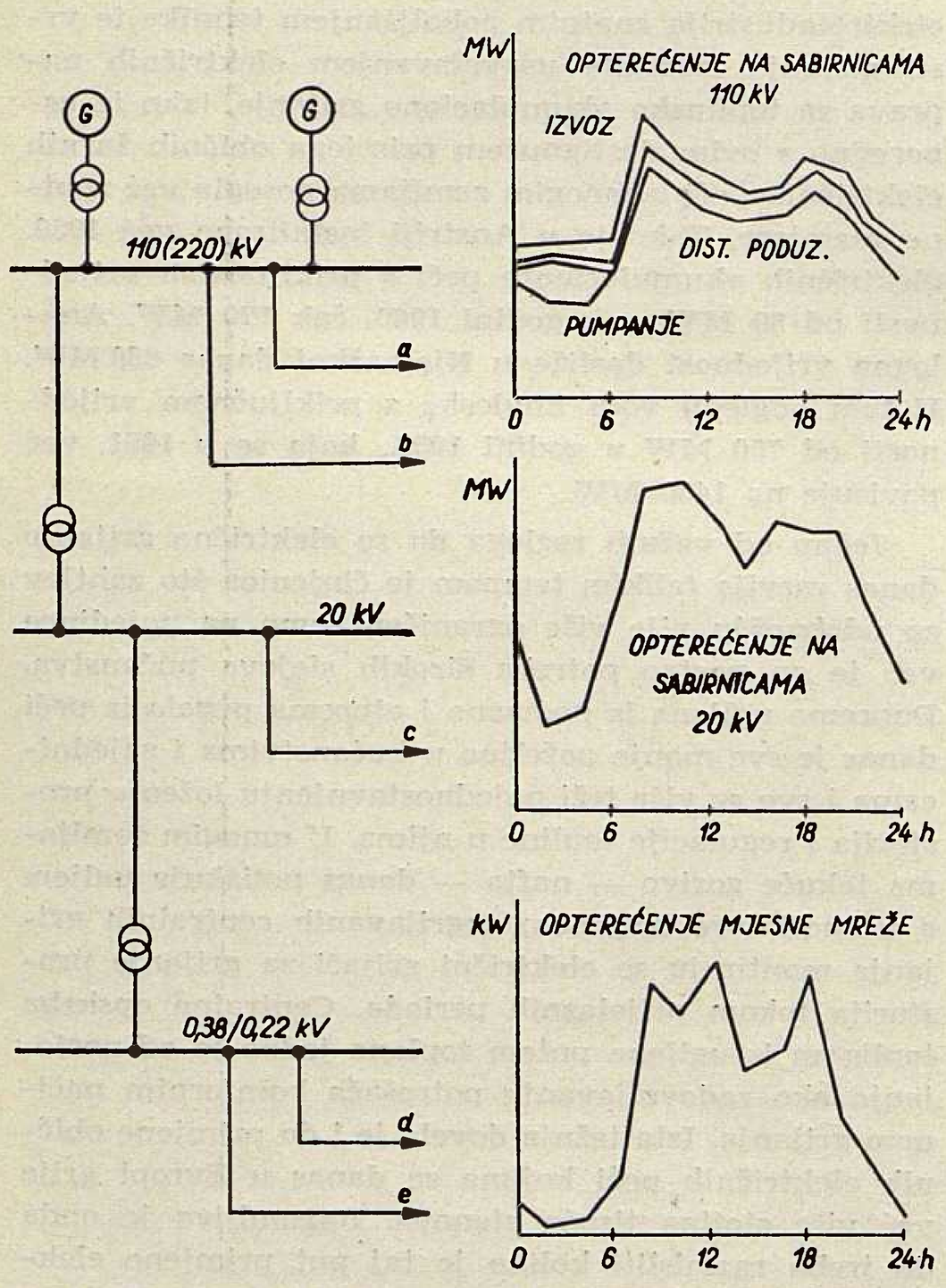
Jedan od važnih razloga da se električno grijanje danas razvija tolikim tempom je činjenica što zahtjev za udobnošću nije više ograničen samo na pojedince već je on postao potreba širokih slojeva pučanstva. Doprema ugljena iz podruma i otprema pepela iz peći danas je sve manje poželjna u kućanstvima i zajednicama i sve se više teži pojednostavnjenju loženja prostorija i regulacije topline u njima. U mnogim zemljama tekuće gorivo — nafta — danas potiskuje ugljen, a u radijatore ugljenom zagrijavanih centralnih grijanja montiraju se električni grijači za grijanje prostorija tokom prijelaznih perioda. Centralna opskrba toplinom iz ugljena putem toplana jedno je od nastojanja oko zadovoljavanja potrošača komfornim načinom grijanja. Ista težnja dovela je i do primjene običnih električnih peći kojima se danas u Evropi grije već više stotina tisuća stanova. Razumljivo je onda da treba razmisliti koliko je taj put primjene električnog grijanja racionalan i općenito primjenljiv.

U Zapadnoj Njemačkoj na primjer proizvedeno je i prodano posljednjih deset godina oko 18 milijuna malih električnih peći s priključnom prosječnom vri-

jednosti od 2 kW, što ukupno predstavlja snagu od 36.000 MW prema instaliranoj snazi npr. u elektroprivrednim postrojenjima od okruglo 17.000 MW. Iako u praktičnom pogonu električnih peći valja uvažiti vrlo veliki faktor raznolikosti, to se ipak jasno ukazuje da takova najjednostavnija tehnika električnog grijanja ne može omogućiti širu primjenu električne energije na polju grijanja prostorija, kod kojih ogrjevno opterećenje redovito pada u doba velikih opterećenja opskrbnog sistema.

Tok dnevnih dijagrama opterećenja javne elektrifikacije (sl. 1) jasno ukazuje da električnom grijanju sa stanovišta ekonomske opskrbe električnom energijom, stoje na raspolaganju vremena noćnih i popodnevnih uvala opterećenja. Ta okolnost ukazuje i na smjer najbližeg razvoja tehnike savremenog tipa električnog grijanja prostorija. Između raspoložive snage elektroprivrede i potrebe na toplini, leži znatan vremenski dnevni raskorak, koji tehnika grijanja mora prebroditi na podesan način. Jedan od takovih načina je toplinska akumulacija koja je stvarno već u znatnim razmjerima ušla u praktičnu primjenu. Ne smije se, međutim, ispustiti iz vida i primjena termičkih pumpi, koje naročito u povezanosti sa zračenjem prostorija ukazuju na jedan od daljnjih mogućih energetskih i ekonomski pogodnih načina grijanja prostorija pomoću električne energije.

Ako skrenemo naročitu pažnju na električno grijanje prostorija primjenom akumulacije topline, vidimo već danas zadovoljavajuća dostignuća oko racionalnog grijanja prostorija putem noćnostrujnih akumulacionih peći, akumulacionog podnog i površinskog grijanja, akumulacionih grijaćih uređaja toplom vodom i putem sličnih načina grijanja. S tim u vezi postavlja se pitanje da li je ostvariva pretpostavka, da se s električnim grijanjem, u usporedbi s drugim načinom grijanja može izaći u svakom slučaju bez povišenja ogrjevnih troškova, a napose da li se gospodarski može opravdati puna elektrificiranost kućanstava uključivši i električno grijanje.



Sl. 1. Energetski tok u većem elektroopskrbnom području južne Njemačke

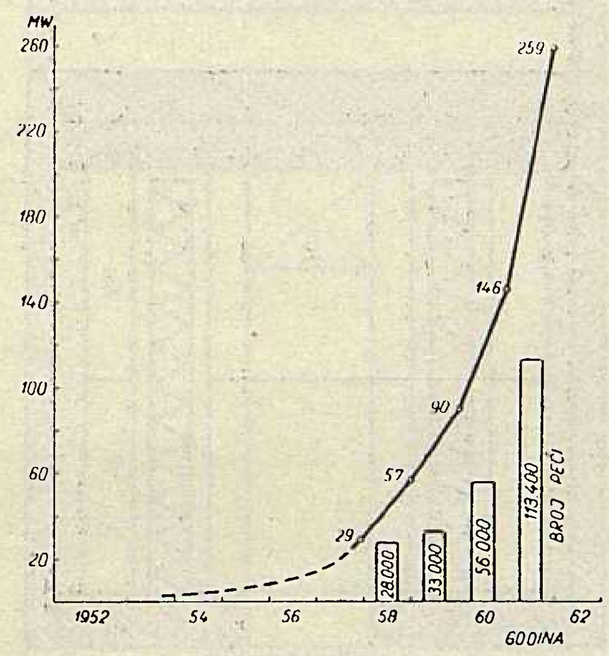
a – potrošak pumpanja, gubici u prijenosu 16 %; *b* – izvoz, specijalna potrošnja, distributivna poduzeća 43 %; *c* – velepotrošnja, preprodavaoci 31 %; *d* – ugovorni potrošači 1 %; *e* – malopotrošnja 9 %

Dijagrami dnevnog opterećenja javne elektrifikacije pokazuju, da korištenje električne energije za potrebe prostornog grijanja, koje iziskuje razmjerno veće snage, u doba samog nastajanja potrebe za toplinom, prouzrokuje opskrbi potrošača električnom energijom natprosječne troškove koji znatno terete tu dobavu električne energije, pa prema tomu treba da ih dotični potrošači i plate. Dobava električne energije u doba malih opterećenja sistema u mogućnosti je da poveća rentabilnost opskrbe potrošača električnom energijom uopće i da bude pogodna za potrebe grijanja prostorija. Kod toga važno je znati koliko se kućanstava na taj način praktički može opskrbiti električnom energijom za grijanje stana u gospodarski pogodnim granicama. Kod današnjeg stanja, kad razmjerno mali broj stanova primjenjuje električno grijanje, takovo rješenje je moguće. Ako se međutim uvaži trend priključne vrijednosti grijaćih električnih naprava, vidimo da je ispunjavanje dolina opterećenja putem električnog grijanja nedostatno za potrebe grijanja. Naredna slika (sl. 2) prikazuje, na primjer, porast priključne vrijednosti akumulacionih peći u Zapadnoj Njemačkoj, a kako se analogan porast očituje i u drugim naprednim zemljama, dapače u nekim još intenzivnije, potrebno je da se proučavanju podesnosti primjene električnog grijanja prostorija priđe i kod nas što prije i sa što većom pažnjom. Proučavanje mogućnosti praktične primjene električnog prostornog grijanja povezano je s mnogobrojnim pitanjima i zadacima kao što su tehničko-gospodarska stanovišta, problematika upravljanja i reguliranja topline, izabrazba stručnjaka, proučavanje i planiranje ogrjevnih uređaja itd. Sva ta pitanja dadu se najbolje i najbrže riješiti putem specijaliziranih ustanova-instituta, dok bi rasparčana nastojanja pojedinih elektroprivrednih i elektroindustrijskih poduzeća značila rasipanje i vremena i novca. Elektroprivredni instituti u našoj zemlji trebali bi s naučnog i praktičnog stanovišta čim prije pristupiti tehničkom i ekonomskom razbistravanju svih pitanja povezanih s električnim grijanjem prostorija, gledano s aspekta budućih razvoja općih pogleda čovjeka na život i na njegove zahtjeve na životni standard.

Osim toga može se sa sigurnošću predvidjeti da će u skoroj budućnosti društvena zajednica stavljati u pogledu čistoće zraka u gradovima naročite zahtjeve, a u tom pogledu je primjena dotjerane tehnike grijanja u kućanstvima važan utjecajan faktor. Sve ovo ukazuje, da se grijanje prostorija mora i sa stanovišta elektroprivrede i elektroindustrije uzeti i u našoj zemlji što prije u temeljito i svestrano razmatranje.

OPĆENITO O ELEKTRIČNOM GRIJANJU PROSTORIJA

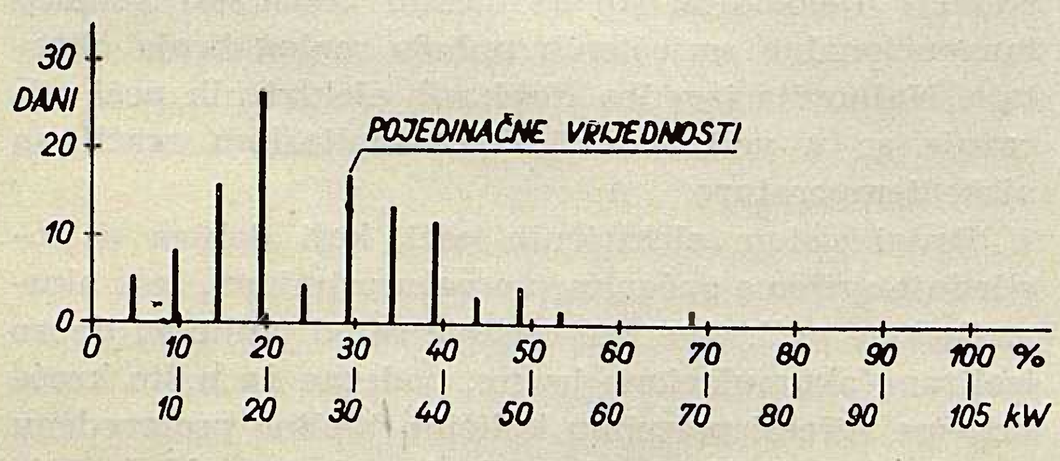
Na internacionalnom kongresu Unipede 1961. podnijet je opsežan referat o električnom grijanju prostorija [3]. Iz ovoga referata proizlaze interesantne konstatacije na koje ovdje ukazujemo. Promatrajući električno grijanje prostorija sa stanovišta termičke proizvodnje električne energije, izgleda na prvi pogled da za takav način grijanja govori malo okolnosti. Tako se prvenstveno ukazuje na osrednje iskorištenje



Sl. 2. Porast priključne vrijedneosti i broja akumulacionih električnih peći u Zapadnoj Njemačkoj

u gorivu sadržane topline, iako valja uvažiti da ima mnogo ugljena koji može racionalno sagorijevati samo u velikim kotlovima termoelektrana. Kao činjenica koja dolazi u prilog električnog grijanja prostorija je već spomenuti dijagram opterećenja javne elektrifikacije sa svojim karakterističnim dolinama, čije ispunjenje opterećenjem električnog grijanja može poboljšati ekonomičnost opskrbe potrošača električnom energijom. Kod hidrauličke proizvodnje električne energije mogućnost i racionalnost primjene električnog grijanja u mnogome ovisi o energetskim karakteristikama i jačini vodnih snaga elektroenergetskog područja. U doba malih opterećenja konzuma raspoloživa vodna energija pogoduje primjeni noćnog zagrijavanja akumulacionih peći, i time ide u prilog primjeni takovog načina grijanja.

Da se odmah zahvati u srž problema, neka bude promotreno tzv. potpuno električno individualno prostorno grijanje. Glavne prednosti ovakvog grijanja su u tome, što ono ne iziskuje posebna skladišta goriva, ne uslovljuje posebnu poslugu, radi bez čađe i pepela i omogućuje regulaciju temperature u širokim granicama. Ukoliko je dakle moguće prebroditi ekonomske zapreke, električno je grijanje nesumnjivo vrhunski način kulturnog grijanja prostorija. Do sada provedene studije u raznim zemljama Evrope i Amerike na polju električnog grijanja pokazale su da za njegovu ekonomičnost nadasve važnu ulogu ima stepen toplinske izolacije prostorija, koji označuje toplinski koeficijent prolaza izražen u kcal/h/m²/°C. Zidovi, podovi, stropovi, prozori i vrata imaju vrlo različite koeficijente prolaza, a naročito veliki gubici topline nastaju kroz prozore. Prema tomu ispravno rješenje toplinske izolacije prostorija odlučno utječe na ekonomičnost grijanja pod ostalim inače jednakim uslovima. Znatan utjecaj na ekonomičnost grijanja imaju klimatski uslovi područja kao i temperatura koja se traži za unutrašnjost prostorije.



Sl. 3. Učestalost opterećenja električnog akumulacionog grijanja u nekoj školi tokom sezone grijanja

Ekonomičnost električnog grijanja za stanovitu vrst prostorija, a za jednake uslove u pogledu unutarnje i vanjske temperature, te trajanja korištenja prostorija, zavisi znatno od primijenjenog sistema grijanja i od visine tarifa za dobavu električne energije. Kod tarifa odlučujući je također odnos između cijene za dnevnu i noćnu dobavu odnosno za dobavu u doba malih i velikih opterećenja sistema, kao što i broj sati dnevno kroz koje važi niža cijena. Kako se vidi uslovi za ekonomično grijanje su mnogostruki što ponovno dokazuje da racionalno rješenje grijanja električnom energijom iziskuje temeljitu stručnu predstudiju i nadasve pomno planiranje uređaja za grijanje. Dosadašnja iskustva su međutim jasno pokazala da u pretežnom broju slučajeva ima akumulacioni sistem grijanja više izgleda za uspjeh od direktnog grijanja, i da se često podesnom kombinacijom obaju sistema dolazi do najpovoljnijih rješenja.

Za elektroprivredu je od velikog značaja utjecaj električnog grijanja na opterećenja elektroenergetskog sistema, a napose na opterećenje mreže niskog i srednjeg pogonskog napona, koje mreže dolaze praktički u obzir za priključenje instalacija električnog grijanja. Kod današnjeg razvoja ovog grijanja njegov je priključak u pretežno većem dijelu slučajeva ograničen na niskonaponsku opskrbnu mrežu. Kako upravo na toj mreži dolaze doline opterećenia naročito do izražaja, elektroprivreda ima mnogo interesa da ove doline po mogućnosti što bolje ispuni podesnim potrošačima, a kao takav podesan potrošač nesumnjivo je i električno akumulaciono grijanie prostorija.

Tokom dana potreba za toplinom u prostorijama nastaje u razno vrijeme, što ovisi o vrsti prostorija koje treba grijati. Kod akumulacionog grijania moguće je zagrijavanie toplinskih uređaja svesti na noćne a dielomično i na rane poslijepodnevne sate. Kod toga treba znati do koje granice je moguće prikliučiti akumulaciono grijanje na transformatorske stanice niskonaponske mreže bez opasnosti da dođe do povećania maksimalnog opterećenja stanica. Stručna literatura iznosi neke slučajeve iz zapadnonjemačke elektroprivrede gdie su vršena snimania tokova opterećenja transformatorskih stanica s električnim grijaniem i bez njega [4]. Ovdie navodimo primier transformatorske stanice, snage transformatora od 200 kVA, na koju je uz ostale potrošače prikliučeno i električno grijanie škole sa snagom električnih peći od 105 kW. Mierenja za zimskih mieseci pokazala su, da je noćno ugrijavanie električnih peći ispunilo oko jedne trećine noćne doline. Drugi se slučaj odnosi na transformatorsku stanicu sa 100 kVA na koioi je osim malopotrošača priključena crkva s direktnim električnim

grijanjem od 24 kW snage u pećima i škola s akumulacionim grijanjem snage od 27 kW. Uključenjem 15 kW za grijanje polučeno je podjednako ispunjenje noćne doline, a veće opterećenje nego normalno nastupilo je samo kroz malo zimskih dana, dok je puno opterećenje za školu nastupilo samo jednom nakon zimskih praznika. Povećanje dnevnog opterećenja nastupa nedjeljom grijanjem crkve. Snimljena krivulja učestalosti snage grijanja promatrane škole, čija se snaga grijanja kretala u granicama od 20 do 60 % instalirane snage, pokazuje — kako se vidi iz slike 3 — tjemenu točku kod 45 %. Vrijeme zagrijavanja akumulacionog uređenja kretalo se između 21 do 6 sati noću i to sa konstantnom snagom čija se veličina podešavala prema vanjskoj temperaturi.

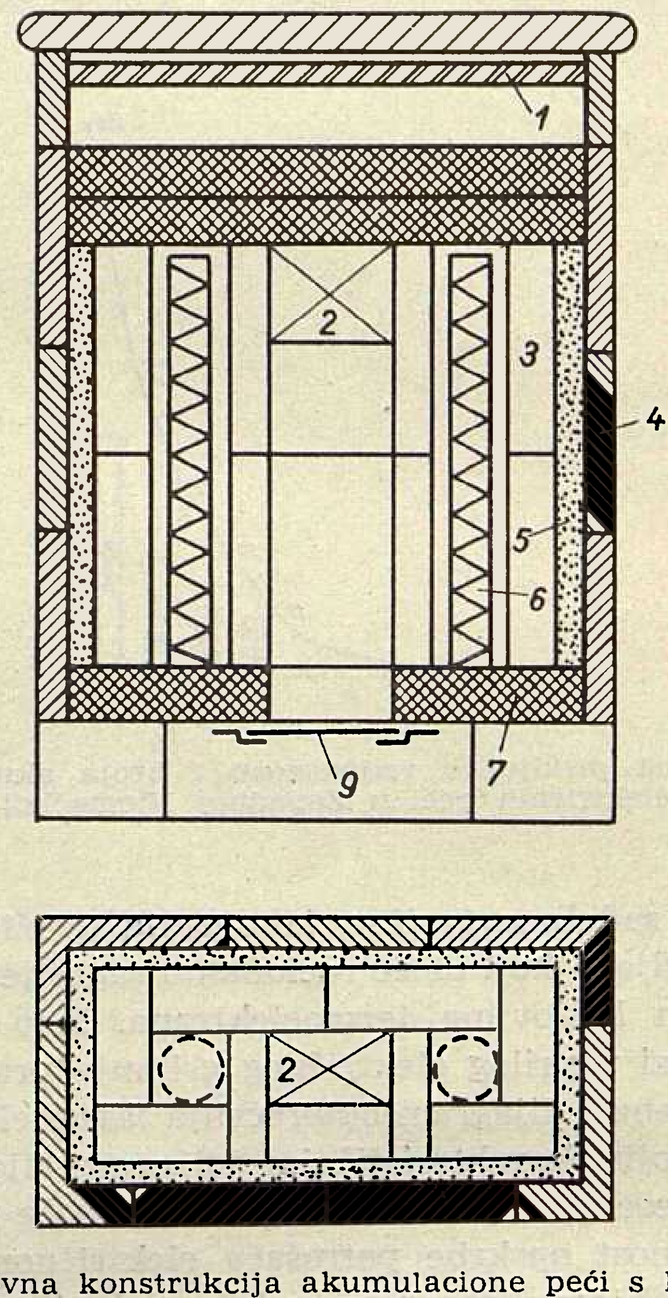
Navedena grijanja školskih prostorija imala su za rezultat poboljšanje trajanja godišnjeg iskorištenja maksimalnog opterećenja mjesne mreže za 6,5 odnosno 8,2 %. Treba istaknuti da se radilo stvarno o malim konzumnim područjima s ukupno 3 do 4 transformatorske stanice podjednake snage.

Interesantna su iskustva o električnom grijanju iz engleske elektriprovrede u kojoj se ispunjenju dolina opterećenja u mrežama pridaje naročita pažnja [5]. U Engleskoj su došli do zaključka da je za električno grijanje prostorija u novogradnjama najpodesnije podno akumulaciono grijanje, a u postojećim zgradama da se povoljni rezultati polučuju primjenom pojedinačnih akumulacionih peći. Ispitivanja grijanja u 11 uredskih zgrada pokazala su, da se kod zgrada, koje su bile prije grijane centralnim grijanjem na plin, polučilo prijelazom na akumulacione električne peći sniženje troškova za 15 do 20%. Kod zgrada prije loženih krutim gorivom pokazalo se da ekvivalent jedne tone ugljena iznosi oko 4.000 kWh. Čisti troškovi oko nosioca topline bili su u trima zgradama za oko 50 do 100 % viši kod električne energije, dok su ukupni troškovi grijanja — uključivši radnu snagu i troškove uređaja — bili u jednom slučaju kod električnog grijanja za 15 % niži, a u dva ostala slučaja za 20 % viši.

Poredba akumulacionog i direktnog blokovskog grijanja pokazuje, da su nabavni troškovi uređaja za akumulacioni sistem u prosjeku 2 do 3 puta viši, dok je potrošnja struje oko 50 % veća. Ukupni godišnji troškovi pokazuju međutim za akumulaciono grijanje djelomično za 20 % veće, a djelomično za 20 % niže iznose od direktnog električnog grijanja. Male razlike pokazale su se kod uspoređenja akumulacionog i podnog grijanja poslovnih prostorija i grijanja pećima u obliku bloka. Potrošnja električne energije po ogrjevnoj sezoni iznosila je po instaliranom kW 1100—1700 kWh/god. Na osnovu ovih rezultata dolazi se do zaključka da će se električno akumulaciono grijanje uredskih prostorija moći uspješno takmičiti s drugim sistemima grijanja, naročito kad se poboljšaju individualne regulacije grijanja svake prostorije.

OSNOVNI SISTEMI ELEKTRIČNOG GRIJANJA PROSTORIJA

Prema sadanjem stanju tehnike nalazimo u praktičnoj primjeni tri osnovna sistema električnog grijanja prostorija i to: direktno grijanje, akumulaciono grijanje i grijanje povezano sa zračenjem prostorija (klimatizacijom). Kako su prva dva sistema danas pretežno u primjeni, neka bude ukazano na njihove glavne konstruktivne osobine, iako je problem ekonomičnosti električnog grijanja više u pogodnosti raspoloživih tarifa električne energije i priključnih uslova za trošila, nego u samoj konstrukciji peći. Prema statističkim podacima Zapadne Njemačke vidi se da je pretežni dio električnih peći, koje se još sada izbacuju na tržište izveden za direktno grijanje sa srednjom priključnom vrijednosti od 2 kW. Ovo naročito



Sl. 4. Osnovna konstrukcija akumulacione peći s kanalom za topli zrak

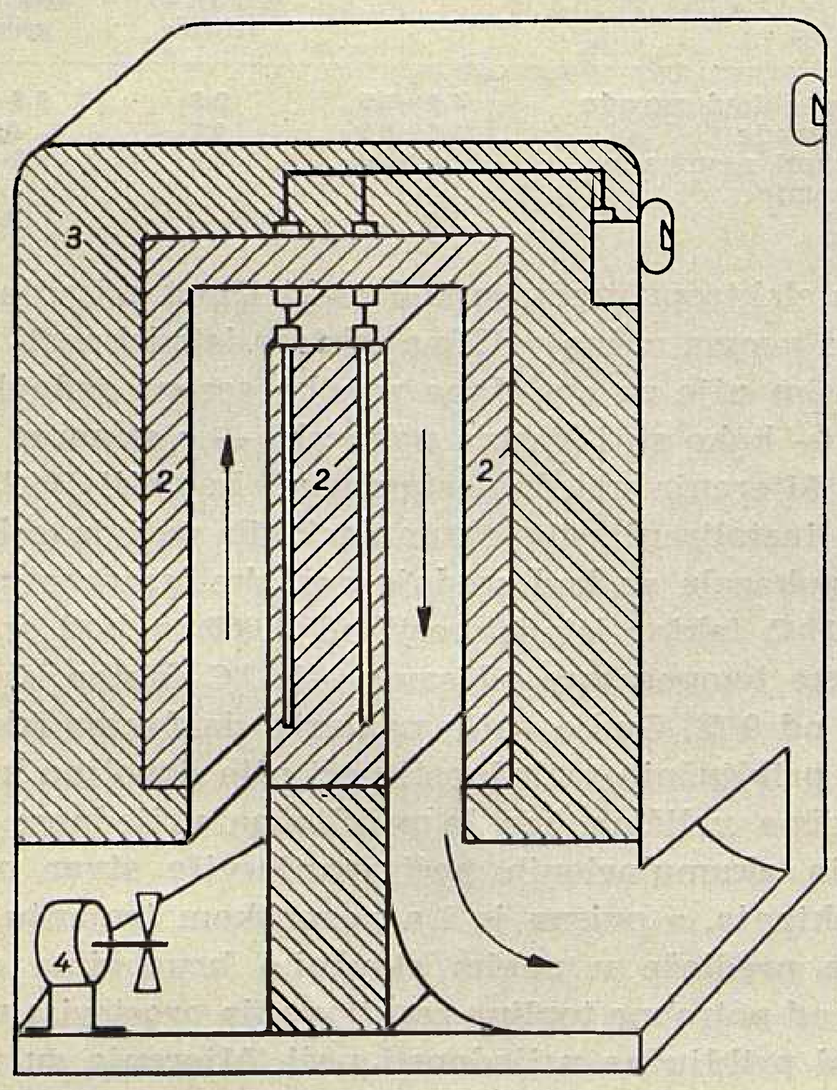
1 — nutarnji pokrov peći; *2* — izlaz vrućeg zraka; *3* — akumulaciona jezgra; *4* — kalje; *5* — toplinska izolacija; *6* — grijaći element; *7* — toplinska zaštita; *8* — podnožak; *9* — zasun kanala toplog zraka

iz razloga što većina elektroprivrednih poduzeća nerado dozvoljava priključak većih peći. Očigledno je da ta snaga jedva dostaje za puno grijanje stambene prostorije, ali da je dostatna za grijanje u prijelaznom razdoblju i za zagrijavanje malih prostorija, kao što su kupaone, kuhinje i sl. Električne peći za direktno grijanje izvode se pretežno kao prijenosne peći na zračenje topline, u koje su ugrađene žarnice pred limenim reflektorom. U novije vrijeme pojavljuju se sve više ventilatorski zagrijači, čija je osebina da zagrijavanje dolazi brže do izražaja. Nedostatak ovih zagrijača je prvensteno šum ventilatora, a zatim slabiji stupanj djelovanja, što se nastoji poboljšati pomoću tangencionalno smještenih puhala malog broja okretaja. Najnovija izvedba direktnih električnih peći odrazuje se u velikopovršinskim toplinskim zračilima niske temperature.

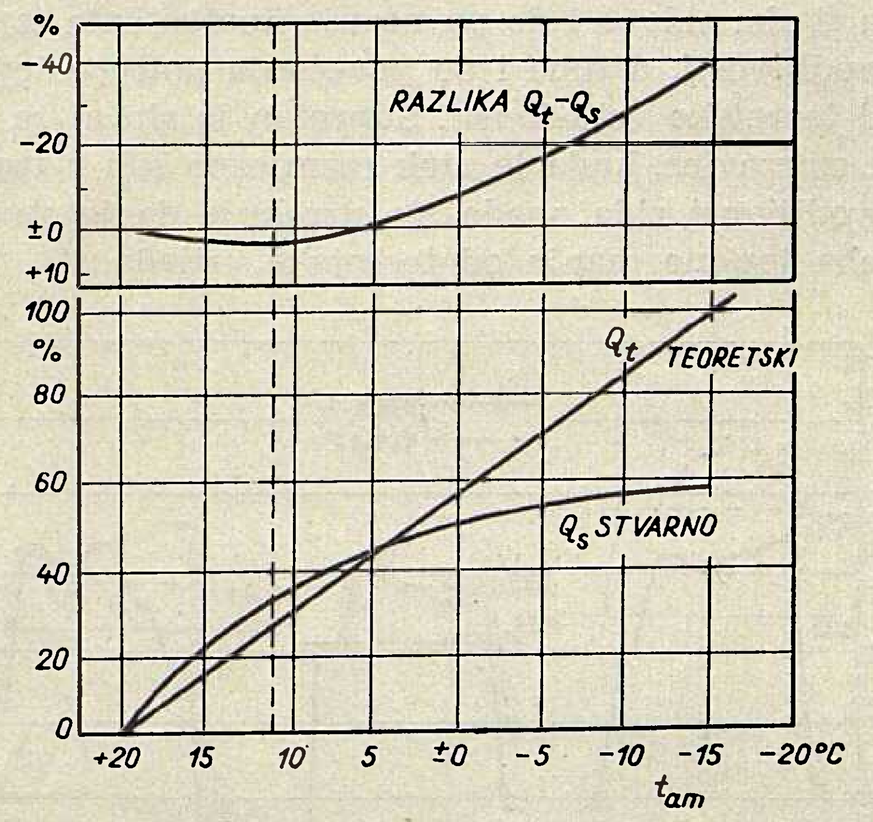
Drugi sistem električnih peći, koji dobiva u posljednje vrijeme općenito sve veću primjenu, jesu akumulacione peći. Ove peći sastoje se od toplinski dobro izolirane akumulacione jezgre, podesne da u što kraće vrijeme spremi potrebnu količinu topline proizvedenu ugrađenim grijačima. Akumulaciona jezgra obložena je limenim plaštem ili keramičkim pločama. Za vrijeme

zagrijavanja sakupljenu toplinu odaje akumulaciona peć konstantno u prostoriju i nakon obustavljenog dovoda električne struje i to s lagano opadajućim intenzitetom sve do ponovnog uključivanja električne struje. Ovakova izvedba pogodna je za prostorije za koje se ne traži stalno održavanje jednake temperature ili je vrijeme upotrebe prostorije razmjerno kratko, kao što je to primjerice u školama, skladištima i sličnim prostorijama. Ako je uvjetovano jednomjerno zagrijavanje prostorije između dva perioda loženja, nadopunjuje se opisana osnovna konstrukcija zračnim kanalima kako to pokazuje slika 4 [6]. Zračni kanal proviđen je zasunom koji se otvara manje ili više već prema tomu koliko je intenzitet izbijanja topline popustio, a time postignuto dodatno toplinsko strujanje omogućuje održavanje poželjne temperature. Ovakav sistem akumulacionih peći podesno se primjenjuje za grijanje ureda i stambenih prostorija za koje je potrebno da temperatura bude što konstantnija kroz što dulje vrijeme dana.

Daljnje poboljšanje akumulacionih peći nalazi se u dinamičnim pećima, koje omogućuju intenzivnije reguliranje odvoda topline iz peći u prostoriju. Ovakova peć proviđena je naročito dobrom izolacijom akumulacione jezgre, koja dopušta tek mali otjecaj u jezgri sakupljene topline putem izbijanja kroz površinu peći i koja služi kao temeljno grijanje prostorija. Glavno izbijanje topline sprovodi ventilator koji siše zrak iz prostorije i tjera ga kroz zračni kanal u akumulacionu jezgru, kako to pokazuje slika 5. Oblik jezgre onemogućuje izlaz topline kroz zračni raspor kada ventilator miruje, a uključivanjem ventilatora dolazi do intenzivnijeg grijanja prostorije. Termostat podešen na unutarnju temperaturu prostorije automatski održava poželjnu temperaturu u prostoriji. Dinamična akumulaciona peć dobiva sve veću primjenu, napose je podesna za brzo zagrijavanje većih prostorija, kao što su dvorane za javne priredbe. Kod stanova dinamičke električke peći omogućuju brzo individualno zadovoljavanje potreba u pogledu željene temperature, te dozvoljavaju skraćenje vremena zagrijavanja i prilagođenje oblika peći miljeu prostorije. Primjera radi navode se nabavni troškovi peći, koji se kreću između 150 i 200 DM/kW uključivši troškove električne instalacije, a prema podacima iz literature vidi se, da se pojačanjem toplinske izolacije zgrade dadu nabavni troškovi električne peći i potrošak električne energije smanjiti za oko 20 do 30 %.



Sl. 5. Shematski presjek akumulacione peći s ventilatorom
1 — grijaći element; *2* — akumulaciona jezgra; *3* — toplinska izolacija; *4* — ventilator



Sl. 6. Ovisnost potrebne topline o razlici vanjske i nutarnje temperature

ELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE AKUMULACIONOG GRIJANJA PROSTORIJA

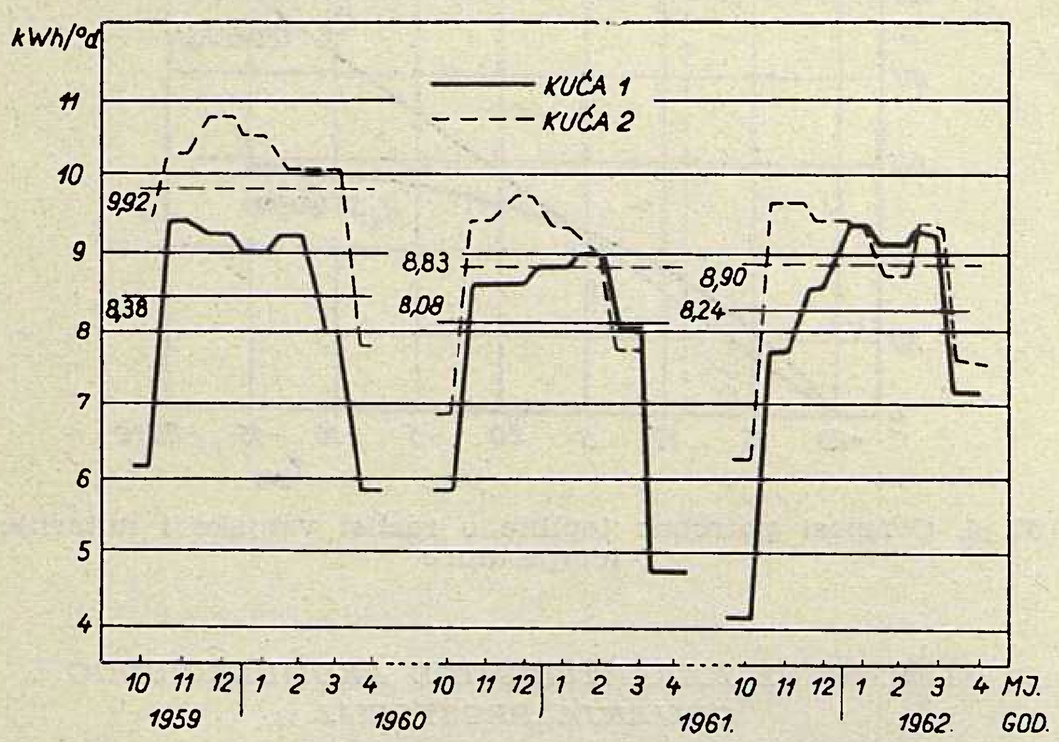
Za ekonomiju grijanja prostorija električnim toplinsko-akumulacionim uređajima, važna je količina potrošnje električne energije. Kod akumulacionog grijanja imamo u vidu korištenje električne energije tokom noći odnosno za vrijeme poslijepodnevnih dolina opterećenja u mrežama javne elektrifikacije. Iako ova konstatacija već sama po sebi navodi na problematiku cijene električne energije, želi se istaknuti, da ne dođe do nesporazuma, da pored same potrošnje i cijene električne energije, racionalnost električnog grijanja ovisi u znatnoj mjeri i o nabavnim troškovima uređaja za grijanje, njegove životne trajnosti o troškovima održavanja i troškovima posluge. Potrošnja električne energije za potrebe prostornog grijanja zavisi dakako od potrebne količine topline, a ta je — kako je to već naprijed navedeno — ovisna o više faktora.

U ovom dijelu razmatranja dolazi u obzir pojedinačno grijanje prostorija, dakle takovo kod kojega svaka pojedina prostorija ima u principu svoju električnu peć, a potrošnja se utvrđuje uz pretpostavku da su sve prostorije stana odgovarajući grijane. U slici 6 prikazan je dijagram potrebe na toplini u zavisnosti od diferencije temperature zraka u prostoriji i zraka vanjske okoline. Podaci su iznijeti na osnovu istraživanja provedenih u Njemačkoj [7], koja su pokazala da potreba topline ne raste proporcionalno s temperaturnom diferencijom već da ona opada s povećanjem diferencije, kako to pokazuje krivulja »Q stvarno«. Ta okolnost proizlazi iz činjenice što toplinski prolazni koeficijent nije stalne vrijednosti. Razlozi

Karakteristika električnog akumulacionog grijanja za 153 stana u Berlinu u godini 1960/61. Tablica 1

Veličina stanova		Potrebna toplina	^{0} dana	Priključna snaga	Potrošak el. energije	Specifični potrošak					Specifični troškovi kod cijene 5,0 Pf/kWh
m^2	m^3	kcal/h		kW	kWh	kcal/m^2	kcal/m^3	kWh/m^2	kWh/m^3	kWh/kcal, h	DM/m^2
1	2	3	4	5	6	7 (3:1)	8 (3:2)	9 (6:1)	10 (6:2)	11 (6:3)	12
8122	22476	783.520	3133.5	1556	873.400	96,5	34,9	107,5	38,9	1,11	5,35

su tome različiti. Kad nema smrzavice, dakle između temperature 0 i + 8^0 C zrak je obično, zbog mnogo kiše praćene vjetrom, zasićen vlagom, što dovodi do vlaženja žbuke zidova i do povećanja koeficijenta toplinske vodljivosti, a time i do povećanja potrebe topline iznad teoretske vrijednosti. Suprotan je slučaj za vrijeme smrzavice, kada je zrak razmjerno suh a toplinska vodljivost zida opada što uzrokuje da je stvarna potreba topline manja od teoretske vrijednosti.



Sl. 7. Specifična potrošnja električne energije dvaju istovjetnih jednoobiteljskih kuća

Praktična iskustva u Zapadnoj Njemačkoj pokazala su da je moguće dimenzioniranje peći ispod vrijednosti koje se dobivaju proračunom prema propisima VDI jer se u njima nalaze normirane vrijednosti dobivene na osnovu teoretske potrebe na toplinu.

Primjena krivulje potrebne topline moguća je i za slučaj grijanja prostorija akumulacionim pećima uz konstantno odavanje topline, dakle kod rada bez vrhova zagrijavanja. Kod akumulacionih peći s ventilatorom moguće je isprekidano grijanje koje dovodi do vrhova zagrijavanja a koji se mogu — kako je iskustvo pokazalo — pokriti ubrzanim ventiliranjem bez povećanja snage peći.

Faktor koji znatno utječe na potrošnju električne energije jesu klimatski odnosi. Običava se pretpostaviti srednja temperatura prostorije od + 19^0 C, a diferencija srednje unutarnje i srednje vanjske temperature označiti kao »stupanj-dan« (^{0} dan). Teoretski slijedi da potrošnja električne energije za grijanje raste proporcionalno s brojem ^{0} dana, dakle s opadanjem vanjske temperature. Praktična iskustva pokazuju da redovito to nije slučaj kako se vidi iz slike broj 7, koja prikazuje dijagrame specifične potrošnje dvaju građevno istovjetnih obiteljskih kuća, građenih jedne pored druge. Razlika u potrošnji električne energije kWh/^{0}dan svodi se na raznu potrebu za toplinom stanara i na njihove životne navike. Ispitivanja su nadalje pokazala da dugotrajni periodi grijanja imaju znatno veći potrošak struje nego kratke oštre zime uz inače jednaki broj ^{0} dana. Iz svega navedenog proizlazi da na potrošak električne energije za grijanje prostorija utječu mnogi razni faktori te da se do ispravnih rezultata može najbrže doći putem podesnog anketiranja. Rezultati takove ankete za grad Berlin u godini 1960/61. za 153 stana sadržani su u tablici 1. Oni pokazuju srednju potrebu na toplini od oko 100 kcal po satu i m^2, i razmjerno nisku potrošnju električne energije kojoj odgovara specifični potrošak od 1,11 kWh po kcal/h jedne ogrjevne periode. Ovako povoljan rezultat specifičnog potroška električne energije za jednu kcal/h proizlazi iz okolnosti što su potrebe na toplini ocijenjene prema normiranim propisima (DIN) a koje daju — kako je prethodno iznijeto — u praksi prevelike količine. Uvažujući podatke prema slici 7 te računajući sa specifičnim potroškom od 57,8 kcal/m^2 i 20,9 kcal/m^3 prostorije, dobiva se specifična potrošnja od 1,85 kWh/kcal-satu. Prema postojećim tarifama troškovi električne energije od 5,35 DM/m^2 po ogrjevnom periodu leže u povoljnim gracama u usporedbi s drugim vrstama grijanja.

Empirijske vrijednosti za koeficijente prolaza topline zgrada

Tablica 2

Dio zgrade	Način izvedbe		
	normalan	pojačana termička izolacija	
		direktno električno grijanje	akumulaciono električno grijanje
Vanjski zidovi zgrade	1,2—1,5	0,3	0,6—0,8
Krov zgrade	1,0—1,5	0,3	0,5
Pod iznad negrijane prostorije	1,0—1,9	0,5	0,6—0,8
Prozori	5,0—6,5	2,5—3,0	3,0

Za elektroprivredu je kod električnog grijanja prostorija veoma važna veličina faktora istodobnosti. Ovaj međutim nije za sve dane zimske sezone jednak već ovisi — kako su iskustva pokazala — o stupnju hladnoće. Mjerenja u jednoj stambenoj koloniji Berlina u kojoj instalirani učin akumulacionih peći iznosi 1049 kW, pokazala su kod srednje vanjske temperature od —10.1^0 C faktor istodobnosti od 0.665, a kod srednje vanjske temperature od samo —3,1^0 C faktor istodobnosti od 0,73. Ovdje valja naglasiti da faktor istodobnosti priključnih vrijednosti peći nije dovoljno karakteristična veličina, jer je priključna vrijednost električnih akumulacionih peći manje-više stvar ocjene projektanta, a ovisna je i o pogonskom trajanju. Stoga se predlaže u nekim stručnim krugovima da se pođe od potrebne topline zagrijavanja prostorija umjesto od priključne vrijednosti peći. Mjerenja su pokazala da je za 20 stanova s akumulacionim pećima faktor istodobnosti potrebe topline oko 85 % kod srednje vanjske temperature od — 15^0 C.

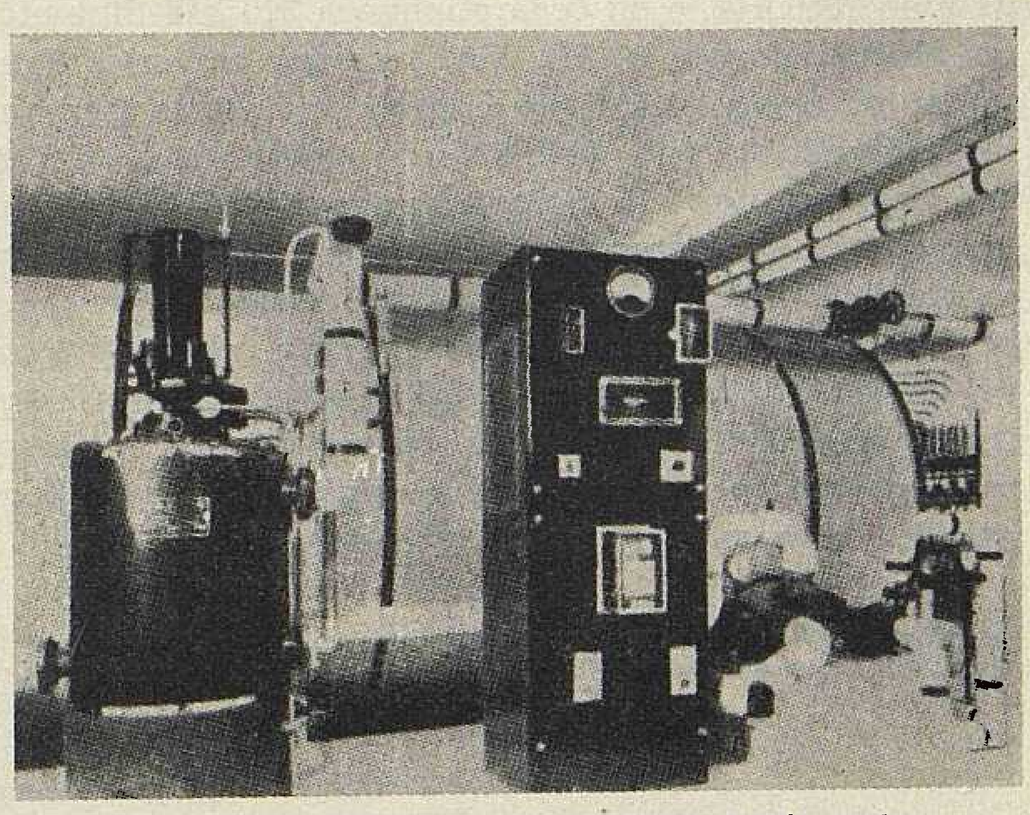
ISKUSTVA IZ INOSTRANSTVA O ELEKTRIČNOM AKUMULACIONOM GRIJANJU PROSTORIJA

Zanimljivo je promotriti iskustva s električnim akumulacionim grijanjima u raznim zemljama Evrope. U Belgiji je primjena električnih peći znatno napredovala i tamo su se s obzirom na tarife električne energije razvile dvije tehnike grijanja, direktno i akumulaciono grijanje [8]. Bilo je već iz prvoga odmah jasno da električno grijanje ne može bez nekih posebnih dodatnih mjera konkurirati drugim nosiocima energije. Takova važna mjera ukazala se je u termičkoj zaštiti stanova. Povećana termička zaštita rezultira manju snagu električnih peći, smanjenje instalacionih troškova i energetskog potroška, pa prema tomu i smanjenje ogrjevnih pogonskih troškova. Praktična istraživanja pokazala su da je kod električnog grijanja potrebno za 2,5 do 3,5 puta pojačati normalne izolacije, da se postigne kod grijanja stanova jednakost s troškovima ogrjevnih ulja. Kao dobro primjenljive vrijednosti koeficijenta prolaza topline pokazale su one koje sadrži tablica 2. Na osnovu tih istraživanja razvio se u Belgiji i sistem direktnog grijanja stanova uz primjenu pojačane termičke zaštite, povezano s zračenjem prostorija. Praktična iskustva pokazala su nadalje da u najvećem broju slučajeva dostaje i za potrebe grijanja kućni priključak kakav je predviđen za stanove s električnim štednjakom i spremnikom vruće vode. Instalaciona vrijednost uređaja za grijanje i zračenje leži između 6 i 12 kW po stanu, a potrošnja električne energije kreće se u granicama trajanja iskorištenja instalirane snage od 1000 do 1100 sati po zimskom periodu.

Uz ovaj sistem grijanja u Belgiji se primjenjuje također i akumulaciono grijanje sa statičkim i dinamičkim akumulacionim pećima, i to prvi sistem kao temeljno grijanje u kombinaciji s dodatnim direktnim električnim »loženjem«.

Od interesa je navesti nekoliko primjera koji ilustriraju razna rješenja i rezultate postignute kod električnog grijanja prostorija. Jedna kuća u Antwerpenu sa 4 stana po 100 m² površine ima instaliranu snagu od 50 kW, a potrošnja električne energije po stanu i godini kreće se od 10 do 11.000 kWh. Za dnevne sobe i za kuhinju uvjetovane su temperature 20° C, a za spavaone 17° C. U ovom slučaju nije bilo potrebno primijeniti nikakove dodatne toplinske izolacije, polučene temperature bile su više nego što je uslovljeno, a dodatno direktno grijanje nije se trebalo do sada primijeniti. Iskorištenje instalirane snage kretalo se i od 800 do 870 sati po zimskom ogrjevnom periodu. Drugi primjer je zgrada s električarskom trgovinom na veliko u prizemlju i u I katu sa 1500 m² površine i sa 19 stanova u II i III katu sa 1500 m² površine (prosječno 79 m²/stan). Termička izolacija imala je koeficijent prolaza od 0,8 za ziđe, a prostorije dvostruko ostakljene prozore. Ukupno instalirana snaga od 412 kW korištena je prosječno u zimskom periodu 850 sati kod ukupne potrošnje električne energije od oko 350.000 kWh. Reguliranje topline u stanovima bilo je ručno i to odvojeno za trgovinu i odvojeno za stanove.

Naredni primjer je šestorokatna uredska zgrada u Bruxellesu s površinom od 7200 m² i zapreminom od 20.000 m³, s brižnom toplinskom izolacijom vanjskih zidova i krova i dvostruko ustakljenim prozorima [3]. Zgrada ima akumulaciono električno grijanje od 450 kW i dodatno grijanje od 140 kW priključne vrijednosti. Regulacija sobne temperature je automatska u zavisnosti od vanjske temperature i djeluje na dodatno grijanje. Potrošnja električne energije za prosječnu zimu predviđa se sa 490 MWh od čega 400 MWh otpada na energiju korištenu u doba malog opterećenja mreže, dok ostatak na dodatno grijanje. Proračun ekonomičnosti proveden je u uspoređenju s centralnim grijanjem na naftu. Pretpostavljeno je životno trajanje od 60 godina za stalno ugrađene dijelove ogrjevnog uređaja, za stalno ugrađene uređaje zračenja 40 godina i 20 godina za kotlove, rasklopne uređaje i električne otpornike. Pretpostavljena je kamatna stopa od 6,5 %. Cijena električne energije je prema



Sl. 8. Elektrokotao sa spremnikom vruće vode

belgijskim tarifama a pri uspoređivanju uvaženi su troškovi za pojačanje transformatora i vodova i polučene uštede zbog pomanjkanja dimnjaka i podruma. Naredna tablica 3 prikazuje usporedni račun ekonomičnosti iz kojeg proizlazi prednost za električno grijanje.

Rezultati računa usporedbe ekonomičnosti grijanja prostorija šesterokatne uredske zgrade u Bruxellesu

Tablica 3

Oznaka troškova	Troškovi u belgijskim francima	
	Električno grijanje	Centralno grijanje na naftu
1	2	3
Troškovi izgradnje ogrjevnog uređaja	2,372.000	3,850.000
Godišnji pogonski troškovi		
1. Troškovi osnovnih sredstava	169.152	306.350
2. Troškovi posluge, održavanje	35.000	174.000
3. Troškovi el. energije ili goriva	340.000	30.000
4. Ukupni godišnji troškovi	544.152	630.350
5. Razlika u korist	+ 86.198	

Daljnji je primjer stambena peterokatnica u Antwerpenu sa 41 stanom sa oko 90 m² površine i visinom prostorija od 2,80 m. Providena je termičkom zaštitom zida u lakom betonu s pročelnim kamenjem i ima prozore s dvostrukim staklima. Svaki stan sastoji se od dnevne sobe, dvije spavaone, kuhinje, kupaone i predsoblja. Akumulaciono grijanje je u radnoj sobi, ku-

hinji i predsoblju, dok se ostale prostorije griju direktnim električnim pećima. Priključna vrijednost akumulacionog dijela iznosi po stanu 7—8,5 kW, a direktnog dijela 3,5 kW. Akumulacioni uređaji zagrijavaju se 10 sati dnevno (od 22 do 6 i od 12 do 14 sati). Kod projektiranja pretpostavljena je unutarnja temperatura prostorija od $+20^0$ C kod minimalne vanjske temperature od -10^0 C. Prosječno je računano godišnje sa 210 dana grijanja sa oko 3050 ogrjevnih ^{0}dana.

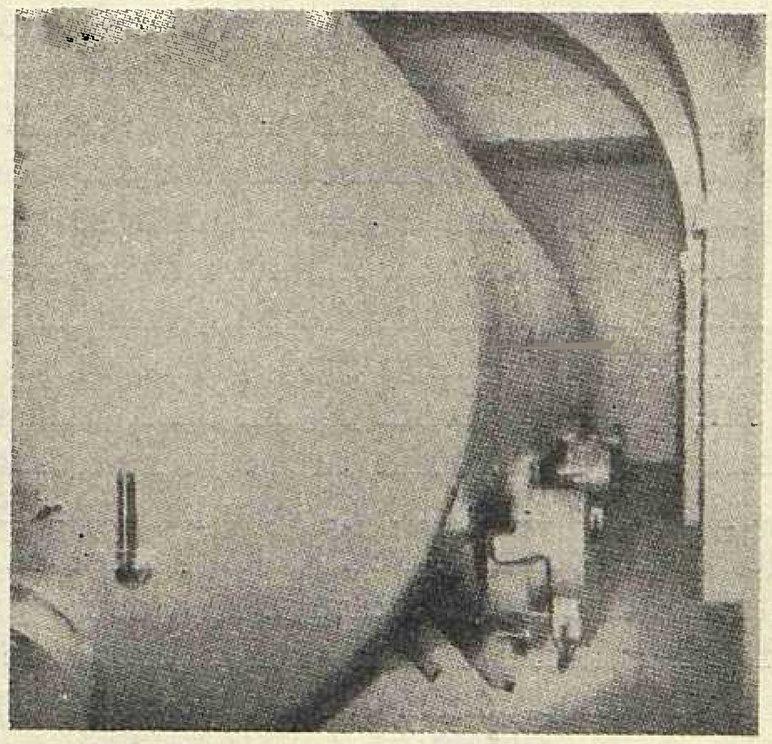
Električnu energiju daje transformator smješten u samoj zgradi snage 500 kW. Priključena trošila čine električni štednjak, protočni grijač vode (18 kW), kuhinjske sprave, rasvjeta i električne peći s ukupnom priključnom vrijednosti od 45 kW po stanu, što iznosi ukupno 1850 kW, a od čega obuhvaća 320 kW dinamično akumulaciono, a 240 kW izravno grijanje. Prosječni potrošak električne energije iznosi za akumulaciono grijanje oko 6000 kWh po stanu i zimi. Grijanje ima ograničivače temperature ugrađene u pećima, te termostatski upravljano odavanje topline. Polučeno je trajanje iskorištenja instalirane snage u prosjeku od 770 sati godišnje. Dodatno grijanje, uključivši rasvjetu, hladionike i protočne grijače vode iskazuje potrošak od 2500 kWh po stanu i godini tako da se ukupni prosječni potrošak jednog kućanstva ove stambene zgrade kreće oko 8500 kWh godišnje.

Rezultati računa usporedbe ekonomičnosti grijanja i zračenja prostorija upravne zgrade električnog poduzeća u Antwerpenu

Tablica 4

Oznaka troškova	Troškovi u belgijskim francima	
	Električno grijanje	Centralno grijanje na naftu
1	2	3
Troškovi izgradnje ogrjevnog uređaja	6,277.000	10,932.900
Godišnji pogonski troškovi		
1. Troškovi osnovnih sredstava (amortizacija)		
a) uređaja za grijanje	163.400	519.400
b) uređaja za zračenje	107.100	305.978
c) zajedničkog dijela uređaja	173.700	—
2. Troškovi posluge, uzdržavanja, razno	80.000	185.000
3. a) Troškovi električne energije	839.925	45.000
b) Troškovi goriva (nafte)	—	373.100
4. Ukupni godišnji troškovi	1,364.125	1,428.478
5. Razlika u korist	64.353	
6. Sniženje rezult. iz uštede investicija	146.000	
7. Ukupna razlika u korist	210.353	

Upravna zgrada električnog poduzeća u Antwerpenu, građena u čeličnom betonu, 60,25 m visine, 7500 m^2 vanjske površine od koje otpada 3.100 m^2 na prozore (preko 40 %), sagrađena godine 1958, ima ukupnu zapreminu od 64.000 m^3. Temeljno grijanje daje akumulacioni uređaj, dok za dopunsko grijanje služe direktne električne peći. Akumulaciono grijanje prizemlja radi na principu zračnog kruženja uz dodavanje svježeg zraka. U I katu provedeno je podno grijanja, a u višim katovima tornja zgrade smještene su naizmjence ispod svakog prozora akumulaciona i direktna električna peć. Za dokaz ekonomičnosti električnog grijanja uzeto je u razmatranje alternativno i parno grijanje na teško ulje i električno grijanje s temeljnim akumulacionim pećima i dodatnim loženjem pomoću električnih konvenktora na danju struju. Rezultate ove usporedbene analize pokazuje tablica 4.



Sl. 9. Spremnik tople vode s ugrađenim grijačima

Temeljno grijanje vrši se pomoću statičkih akumulacionih peći, čija priključna vrijednost je tako dimenzionirana da se kod unutarnje temperature od $+20^0$ C i vanjske temperature od -12^0 C toplinski gubici nadoknađuju 9-satnim noćnim punjenjem. Uslovljeno je da temperatura prostorija izvan radnog vremena ne smije pasti ispod $+15^0$ C i da se normalno kreće između 17 i 18^0 C. Peći za dodatno dogrijavanje upravljaju se sobnim termostatima i stavljaju se u pogon putem uklopnih satova za vrijeme uredovnog vremena (7—18 sati). Pojedine specijalne prostorije imaju naročite uređaje, kao podno akumulaciono grijanje, uređaje za zračenje i za topli zrak. Instalaciona vrijednost akumulacionih peći iznosi 1340 kW; 1150 kW otpada na direktno grijanje, ventilaciju i klimatizaciju, a 910 kW na rasvjetu, motornu snagu i kuhinjske štednjake. Snaga transformatora stanice za opskrbu zgrade električnom energijom određena je uz uvaženje faktora istodobnosti $g = 0{,}44$ sa 1500 kVA. Predviđeni potrošak električne energije od 1003 MWh noćne energije i 209 MWh dnevne pokazao se realan, kroz promatrane dvije zimske sezone 1959/60. i 1960/61., jedino je dnevni potrošak bio u odnosu na noćni veći nego što je to bilo planirano, tako da prosjek za prve dvije godine pogona ukazuje na noćni potrošak od 73,2 % i na dnevni potrošak od 26,8 %, prema planiranom odnosu 82,8 prema 17,2 %. Analize su pokazale da promijenjeni odnosi danjeg i noćnog potroška leže vjerojatno u djelomičnom prekoračenju dnevne unutarnje temperature iznad $+20^0$ C, u prekomjernom otvaranju prozora u prijelaznom razdoblju i u dodatnom subotnjem grijanju pretežno danjom strujom. Ovi detalji iznose se zato da se ukaže kako ovi odnosi mogu utjecati na potrošnju električne energije. Od ukupnog danjeg potroška otpada oko 44 % na zračenje. Period grijanja obuhvaća 7 mjeseci počevši od listopada do uključivo mjeseca travnja. Prosječna mjesečna temperatura za navedenih 7 mjeseci iznosila je u dvije godine $+6.8^0$ C. Potrošak električne energije prvog i posljednjeg mjeseca razdoblja grijanja odgovara prosječnom mjesečnom potrošku od oko 48 %, dok je maksimalni potro-

šak polučen u mjesecu siječnju sa 154 % mjesečnog prosjeka. U tablici 5 prikazana je potrošnja električne energije po mjesecima za prve dvije godine pogona opisane zgrade.

Iz krugova belgijske elektroprivrede ukazuje se da akumulaciono grijanje prostorija nije u pogledu količine noćne potrošnje dalo do sada zadovoljavajuće rezultate iako je u okolici Antwerpena instalirano 3000 kW u ukumulaciono grijanje. Potrošači naime primjenjuju radije direktno električno grijanje prostorija iako su ti isti potrošači potpuno prihvatili noćno zagrijavanje spremnika za pripremu vruće vode. Smatra se da na takav stav potrošača djeluje više okolnosti, kao što su izgled i veličina akumulacionih peći, njihova znatna težina i visoka cijena te otežana elastičnost njihove regulacije. Ovim prigovorima nastoji se doskočiti produženjem vremena zagrijavanja peći, automatskom regulacijom i daljinskim upravljanjem uređaja za grijanje. Proučavanja dijagrama opterećenja belgijske elektroprivrede pokazala su da je moguće staviti potrošačima na raspolaganje dnevno kroz 12,5 sati znatne snage bez opasnosti povećanja postojećeg vršnog opterećenja u sistemu. Produženje vremena akumuliranja od 10 na 12,5 sati dovodi do smanjenja instalirane snage peći za oko 20 %, a time i do smanjenja nabavne cijene uređaja dok sami uređaji postaju istovremeno i manji. Smatra se dapače, da se kod belgijskih klimatskih odnosa može prijeći kod 12,5 satnog zagrijavanja i na podno akumulaciono grijanje prostorija bez opasnosti da bi to uvjetovalo predebelo podište.

U Engleskoj je električno grijanje prostorija znatno napredovalo uslijed čega se u daljnjemu navode neka tamošnja iskustva s električnim akumulacionim grijanjem [9]. U toj zemlji primjenjuju se uglavnom 3 sistema električnog akumulacionog grijanja: grijanje zagrjevnih radijatora akumuliranom toplom vodom iz centralnog termoizoliranog spremnika; podno grijanje ogrjevnim kabelima položenim u specijalno izvedeno podište prostorije, koje omogućuju akumuliranje i kasnije odavanje topline dobivene noćnim napajanjem kabela; grijanje prostorija pojedinačnim akumulacionim pećima u obliku bloka (blokovske akumulacione peći).

Praktična primjena akumulacionog električnog grijanja u Engleskoj počela je 20-tih i 30-tih godina. Raniju izvedbu električnog kotla i spremnika tople vode prikazuje slika 8, dok kasniju izvedbu sa spremnikom s upuštenom zagrjevnom baterijom pokazuje slika 9.



Sl. 10. Ulaganje ogrjevnog kabela za električno podno grijanje

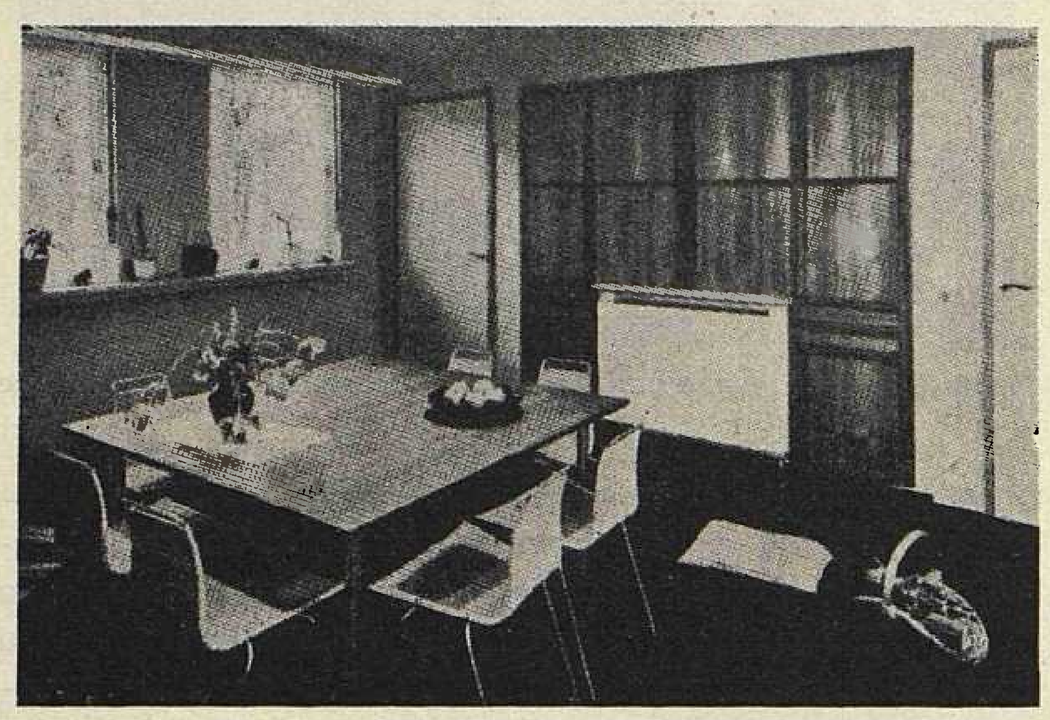
Prvo podno grijanje izvedeno je godine 1929. u Narwichu i nalazi se još danas u primjeni. Takovih uređaja ima sada u pogonu s ukupnom snagom od oko 850 MW i oni rade s maksimalnom temperaturom pada koja se kreće između 25 i 27 °C. Kao naročite prednosti podnog grijanja navodi se konstantnost temperature prostorije, (varijacije kroz 24 sata oko 1 °C) i mala razlika kojoj je podvrgnuta temperatura prostorije i kod većih promjena vanjske temperature. Kod novih zgrada spominju se kao naročita prednost podnog grijanja niski instalacioni troškovi ogrjevnog uređaja, koji se kreću između polovine i trećine troškova instalacija centralnog grijanja naftom.

Potrošak električne energije upravne zgrade električnog poduzeća u Antwerpenu Tablica 5

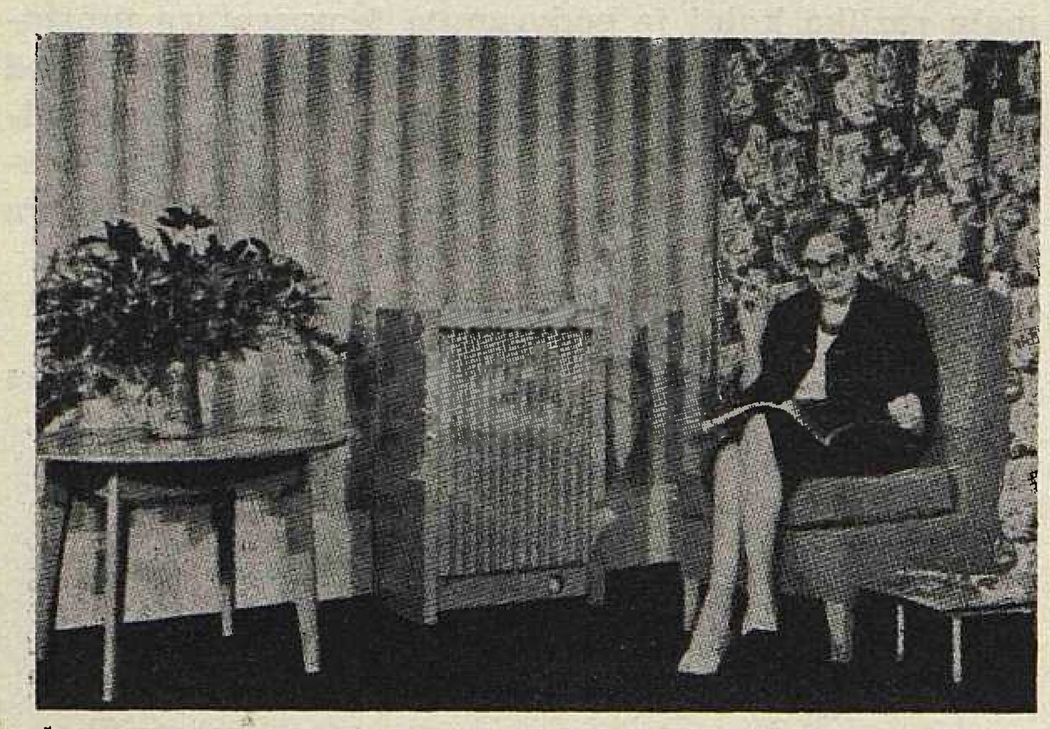
Zimski period godine	Mjesec	Srednja vanjska temperatura °C	Potrošak električne energije u kWh					
			Noćni potrošak		Danji potrošak			
			Akumulacione peći		Konvekcione peći		Zračenje i ostalo	
			Priključna vrijednost					
			1340 kW		1150 kW		910 kW	
			kWh	%	kWh	%	kWh	%
1959/60.	X	11,3	33.965	3,70	17.537	9,88	4.724	3,53
	XI	5,5	135.828	14,75	28.906	16,30	18.507	13,84
	XII	5,4	179.588	19,51	30.912	17,43	22.656	16,94
	I	3,6	180.869	19,65	28.448	16,04	29.849	22,32
	II	4,2	179.733	19,52	29.751	16,78	24.735	18,50
	III	6,5	138.712	15,07	24.121	13,60	21.401	16,01
	IV	9,0	91.698	9.90	17.093	9,97	11.833	8,86
			920.393	100	177.368	100	133.705	100
1960/61.	X	10,8	73.033	9,00	20.633	11,06	10.504	7,56
	XI	7,8	118.075	14,55	27.807	14,91	18.499	13,32
	XII	3,1	172.679	21,29	38.275	20,51	31.165	22,42
	I	2,7	218.655	26,95	35.530	19,03	33.810	24,31
	II	7,3	103.470	12,75	24.030	12,88	19.760	14,21
	III	8,1	87.760	10,81	26.970	14,45	16.460	11,83
	IV	11,9	37.740	4,65	13.375	7,16	8.840	6,35
			811.412	100	186.620	100	139.038	100
Proračunani potrošak godišnje			1,003.000		67.000		142.000	



Sl. 11. Statička keramička električna akumulaciona peć



Sl. 12. Električna akumulaciona peć za stanove



Sl. 13. Električna akumulaciona peć za stanove

Kod podnog grijanja važna je dobra i stručna izolacija podišta, da se tako što više smanje gubici topline prostorije u smjeru prema dolje. Toplinski akumulacioni kapacitet podnog grijanja ovisi u dalekoj mjeri o debljini betonskog nanosa i betonskog zaljeva iznad ogrjevnog kabela. Praksa je pokazala da dostatna debljina betona iznosi 6 do 8 cm. Grijaći kabel može biti uložen ili uvučen u podište (sl. 10). Prvi način je jeftiniji ali ima manjak da se kod defekta kabela dio poda mora oštetiti zbog popravaka defektnog mjesta. Smatra se međutim da je vjerojatnost kabelskog defekta veoma malena dapače skoro nikakova, kod grijaćih kabela visoke elastičnosti i gipkosti.

Treći primjenjivani način električnog grijanja prostorija u Engleskoj jesu akumulacione peći blokovskog oblika kod kojih je moguće naravno i ventilaciono zagrijavanje prostorija. Primjenjivanje ovakovih akumulacionih peći počinje u Engleskoj već godine 1949. i to ponajprije onih s prirodnim, a kasnije i s umjetnim odvođenjem topline. Za sada pretežni dio peći koje se nalaze u primjeni jesu statičke peći (sl. 11—14). Njihova ukupna instalirana snaga iznosi 620 MW. Uobičajeno je da se temperatura prostorije drži kod akumulacionih peći između 13 i 13,5 °C i da se prema potrebi primjenjuje dodatno direktno grijanje onih prostorija kod kojih se želi postići viša unutarnja temperatura. Direktno zagrijavanje prostorija naročito je uobičajeno kod spavaonica i ono se primjenjuje samo za vrijeme svlačenja i oblačenja. Od značaja je da engleska elektroprivreda dozvoljava primjenu direktnog grijanja, jer se smatra da korištenje direktnih grijaćih uređaja pada pretežno u doba malog opterećenja mreže, a da za potrošenu električnu energiju potrošač ipak plaća normalnu cijenu.

Kao ideal smatra se ipak koncentracija akumulacionog ogrjevnog opterećenja u noćne sate, primjerice između 22 i 7 sati i približavanje tome idealu nastoji se polučiti podesnim tarifama. Sada se u doba malog opterećenja primjenjuju 3 tarife. Kod isključive dobave između 22,5 sati navečer do 7,5 sati ujutro cijena električne energije je najniža (proračunana oko 6,6 Din/kWh). Kod povećanog vremena dobave i kroz vrijeme od 13 do 16 sati poslije podne cijena je veća za oko 5 %, a kod dobave između 19 sati i 7,5 sati i 13 i 16 sati cijena se povećava za oko daljnjih 8 %. Druga tarifa je naročito pogodna za stanove sa statičkim akumulacionim pećima, treća za podno akumulaciono grijanje, a prva za sve prostorije s dinamičnim akumulacionim pećima.

Kod električnog grijanja važno je reguliranje topline. Reguliranje podnih i blokovnih uređaja za grijanje dijeli se u principu u dvije grupe: na vremensko i na temperaturno reguliranje. Vremensko reguliranje, tj. ukapčanje i iskapčanje ogrjevnog akumulacionog grijaćeg uređaja, vrši se putem uklopnih električnih satova. Klimatske prilike u Engleskoj nisu podesne za ručno reguliranje zbog velikih promjena vanjske temperature iz dana u dan. Najpodesnijim se pokazalo automatsko reguliranje ovisno o vanjskoj temperaturi, jer ono omogućuje da se vodi pravovremeno računa o promjenama u vanjskoj temperaturi i o utjecaju vjetra i kiše. Kod dinamičnih peći međutim jednako se dobro primjenjuje i reguliranje rukom kao i automatsko reguliranje. Što se tiče potroška električne energije može se općenito kazati da se trajanje iskorištenja instalirane snage kreće između 800 i 1200 sati godišnje.

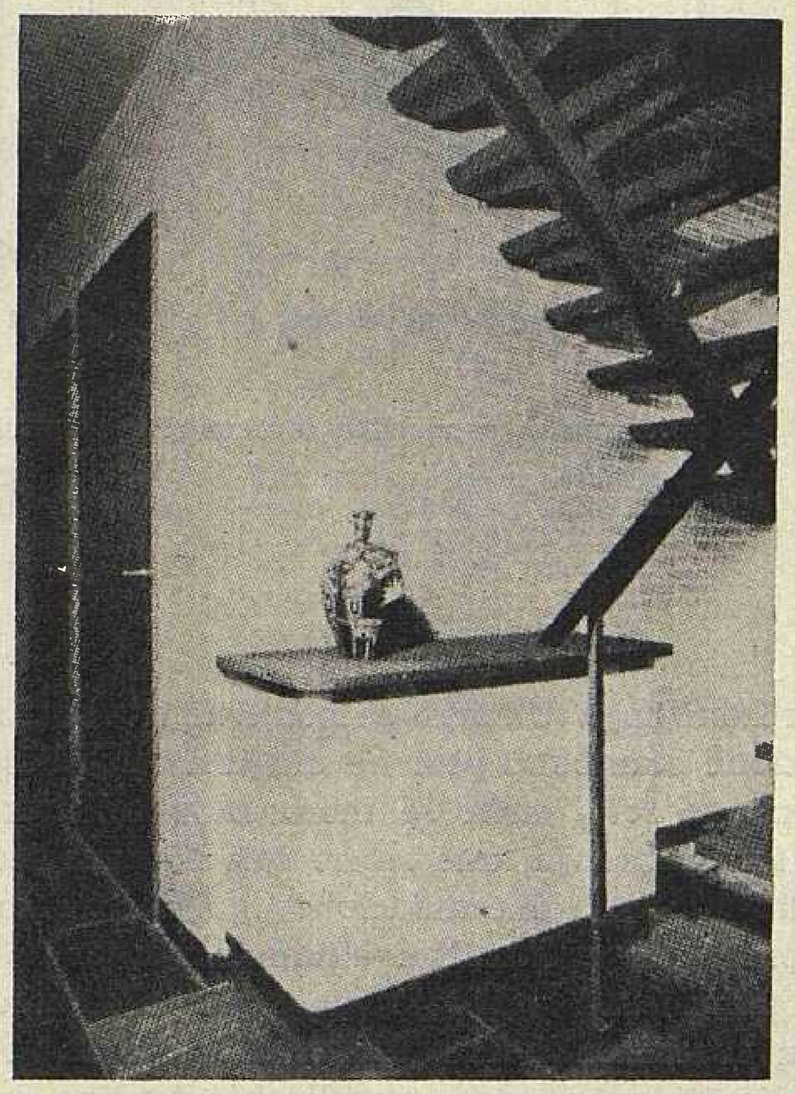
Dosadašnja iskustva ukazuju na potrebu uvođenja grijaćih aparata što plosnatijih oblika priljubljivih pločstini zida (sl. 15) odnosno iskorištenja samog zida kao akumulatora topline. U Engleskoj se smatra da je idealno rješenje grijanja prostorija ono kada se odvajanje topline u prostoriju odvija sa svih ploština koje ju okružuju. Tome idealu približuje se veliko površinsko grijanje u izvedbi zidnog ili podnog grijanja. Dok je podno grijanje u većoj primjeni, to se veliko površinsko zidno grijanje nalazi tek u razvoju.

Praksa je u Engleskoj kod akumulacionog podnog grijanja pokazala da kod stanova ne dostaje 8-satno noćno zagrijavanje grijaćih uređaja, koja je konstatacija od općenitog značaja. Broj podnim električnim grijanjem opremljenih stanova u Engleskoj prekoračuje 30.000 s instaliranom snagom od oko 200 MW. U Birmighamu i Leedsu cijele četvrti imaju električno grijanje u stanovima, dućanima, poslovnim prostorijama i školama. Priključna vrijednost po stanu iznosi 6 do 7 kW, a zagrijava se ukupno 15 sati, i to od 19 do 7 sati i od 13 do 16 sati.

Višegodišnji podaci pokazuju za 340 prosječnih stanova po 60 m² površine, da se godišnji potrošci električne energije kreću u granicama od 2000 do 12.000 kWh i da potrošak iznosi pretežno 6 do 8000 kWh godišnje. Kod ovih vrijednosti valja imati na umu naročite klimatske prilike u Engleskoj, uslijed kojih se uređaji izvode u principu najviše za vanjsku temperaturu od 0 °C.

Stambeni blok kuća u Kircaldy u Škotskoj sa 24 dvosobna i 24 trosobna stana uređen je na električno podno grijanje u kombinaciji s direktnim dodatnim grijanjem. Zagrijavanje podnog uređaja traje 15 sati dnevno i treba da osigura unutarnju temperaturu prostorije od 17 °C kod vanjske temperature od —2 °C, što odgovara prosječno 2900 ogrjevnih stupnjeva dana. Akumulacione peći imaju, već prema katu i veličini stana, priključnu vrijednost od 2,6 do 4,85 kW, a dnevne sobe proviđene su dodatnom električnom zračilicom od 2 kW. Godišnja potrošnja električne energije stambenog bloka s ukupno 1090 MWh, u kojoj je uključeno i grijanje vode, varira prema veličini stana između 4370 i 8150 kWh. Električna energija dobiva se iz transformatorske stanice podignute na račun elektroprivrednog poduzeća. Na osnovu dobivenih povoljnih rezultata predviđena je daljnja izgradnja oko 400 stanova s istim sistemom grijanja.

Na izbor sistema električnog grijanja u Holandiji znatno utječe cijena danje i noćne električne energije, duljina vremena tokom dana kroz koje vrijedi niža cijena, kao i samo koštanje električnih peći. Naredni opis istraživanja o električnom grijanju odnosi se na stambene prostorije sa 16-satnom dnevnom upotrebom, na uredske prostorije sa 9-satnom upotrebom dnevno kroz 5 dana u tjednu, te na školske prostorije sa 5-satnom upotrebom kroz 5 dana u tjednu. Uspoređeno je direktno i dinamičko akumulaciono grijanje s regulacijom temperature termostatom, koji djeluje na ventilator. Uzeti su u obzir svi pogonski troškovi uključivši amortizaciju, ukamaćenje kapitala, uzdržavanje postrojenja i električnu energiju. Rezultate usporedbe i ostale karakteristike prikazuje slika 16 u kojoj su sa P_a označeni troškovi instalacije uređaja po kW snage akumulacionog grijanja u holandeskim guldenima; d označuje danju cijenu električne energije u centima po kWh; n je cijena noćne struje u dijelovima d. Za uspoređenje pretpostavljeni su troškovi instaliranog kW direktnog grijanja sa 135 guldena [10]. Rezultati su alternativno pokazani za 15- i 20-godišnje otpisivanje uređaja, a iz njih proizlazi da se akumulacione peći mogu takmičiti s direktnim električnim grijanjem samo kod povoljnih odnosa nabavne cijene, noćne cijene električne energije i vremena koje stoji na raspolaganju za noćno akumuliranje topline. Drugim riječima oblik tarife i veličina tarifnih stavova električne energije ima presudni utjecaj na povoljnost direktnog ili akumulacionog grijanja stanova. Analogna ispitivanja za školske i uredske prostorije pokazala su da je akumulaciono grijanje jeftinije od direktnog grijanja.



Sl. 14. Električna akumulaciona peć

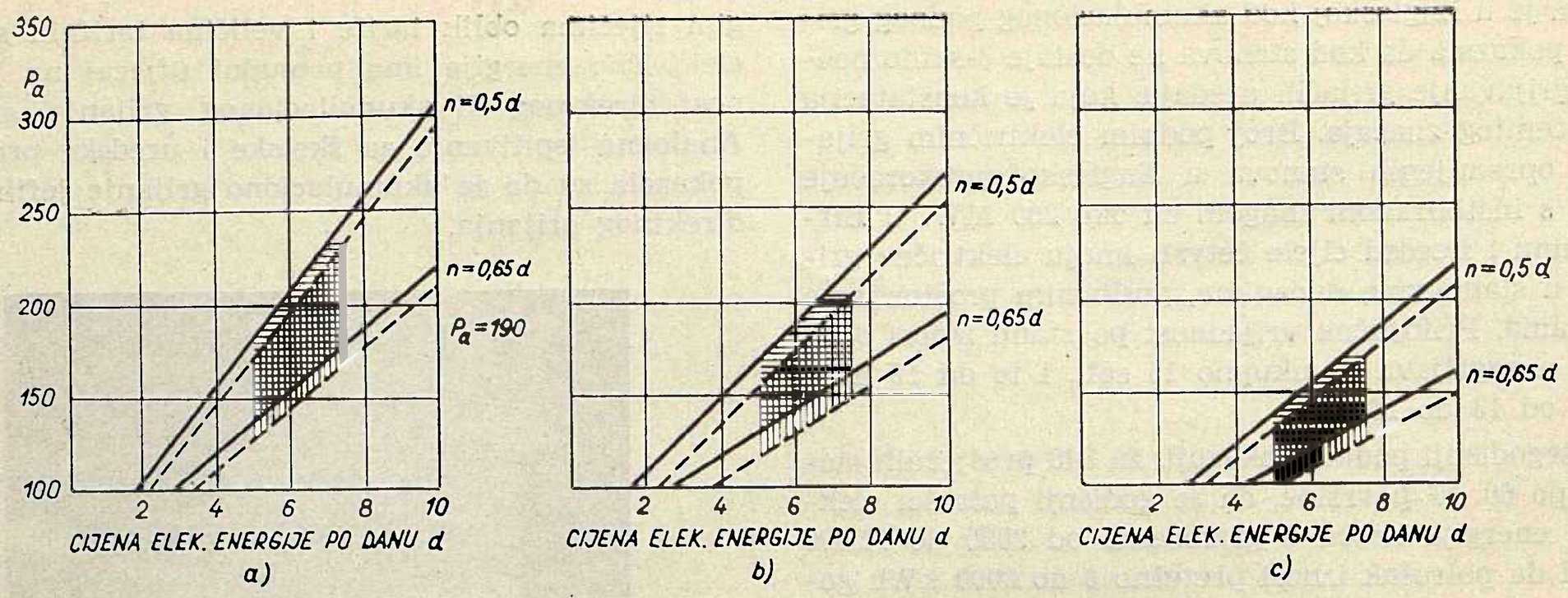
U Holandiji električno grijanje prostorija znatnim tempom kroči naprijed. Navodi se još slučaj stambene zgrade od 11 katova sa 43 stana u kojima je ugrađeno 90 akumulacionih peći s priključnom vrijednosti od 4 i 6 kW. Sporedne prostorije tih stanova griju se direktnim električnim pećima. Udomaćena je kod akumulacionih peći priključna vrijednost od 2 do 6 kW iako ima i većih jedinica.

Električne peći od 6 kW akumuliraju kroz devetsatno zagrijavanje oko 46.500 kcal. Dopunskim dvosatnim popodnevnim zagrijavanjem dobiva se daljnjih 10.300 kcal. Za stanove se primjenjuju peći s polaganijim, a za škole one s bržim ohlađivanjem.

Za elektroprivredna opskrbna poduzeća u Nizozemskoj, prema podacima iz literature, nameće se slije-



Sl. 15. Panelska električna peć



a) Noćno zagrijavanje akumulacione peći 8 sati dnevno. Grijanje prostorija 16 sati po danu

b) Noćno zagrijavanje akumulacione peći 10 sati dnevno (krajem tjedna neograničeno). Grijanje prostorija 16 sati po danu

c) Noćno zagrijavanje akumulacionih peći 8 sati dnevno (krajem tjedna neograničeno). Grijanje prostorije 16 sati po danu.

Sl. 16. Ekonomska usporedba direktnog i akumulacionog grijanja u ovisnosti o cijeni struje i vremena niske tarife

deće rezoniranje. Ukoliko se nabavni troškovi za akumulacione stambene peći ne mogu smanjiti ispod 190 guldena po kW, onda se mora zadovoljiti sa 70 do 75 % akumuliranja, ako se ne želi izgubiti jedan veliki dio područja akumulacionog grijanja. Ako se naime primijeni djelomična akumulacija, onda je moguće primijeniti jeftinije stacionarne akumulacione peći u kombinaciji s direktnim električnim grijanjem i zamijeniti automatsko reguliranje topline, koje kod stacionarnih akumulatora nije jeftino, na jednostavan način direktnim dodatnim električnim grijanjem.

Bit će od interesa da se navedu još neki drugi primjeri električnog grijanja iz drugih zemalja. Jedna stambena zgrada u Angersu u Francuskoj, sagrađena godine 1957. s 300 jeftinih stanova, opremljena je električnim podnim akumulacionim grijanjem upravljano na daljinu iz jednog centra EDF-a (Electricité de France) [3]. Projektirana je unutarnja temperatura soba od 18 °C, kuhinje i ostalih prostorija od 19 °C, a oboje kod vanjske temperature kod —2° C. Dozvoljeno je opadnje temperature po noći do najviše 3 °C. Iz ovih uslova rezultira oko 1460 ogrjevnih stupanja dana, priključna vrijednost od 1200 kW i potrošnja električne energije za normalnu zimu od 1250 MWh, što odgovara iskorištenju od 1000 sati.

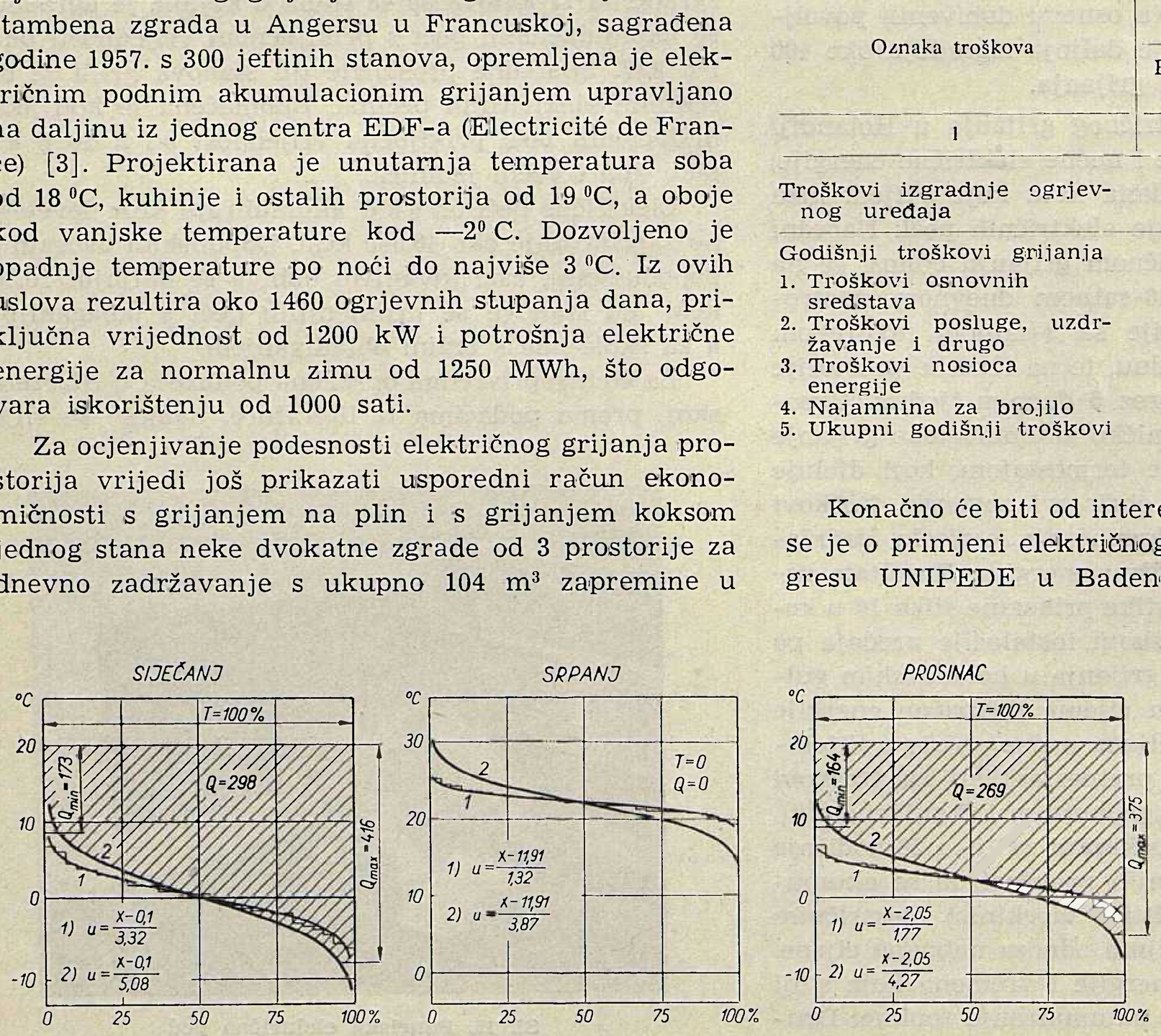
Za ocjenjivanje podesnosti električnog grijanja prostorija vrijedi još prikazati usporedni račun ekonomičnosti s grijanjem na plin i s grijanjem koksom jednog stana neke dvokatne zgrade od 3 prostorije za dnevno zadržavanje s ukupno 104 m³ zapremine u Beču [3]. Predviđeno je puno električno akumulaciono grijanje snage od 9 kW s ručnim udešavanjem. Račun je proveden sa 7 % kamata, 4 % amortizacije za električne grijače, 5 % za uređaje za grijanje plinom i 6 % za uređaje za grijanje koksom; prikazan je u tablici 6, iz koje proizlazi da je električno grijanje skuplje za oko 11 %, dok oba druga grijanja pokazuju podjednake troškove.

Rezultat računa usporedbe ekonomičnosti grijanja trosobnog stana od 104 m³ prostora dvokatne kuće u Beču

Tablica 6

Oznaka troškova	Iznos troškova u austrijskim šilingima		
	Električno grijanje	Grijanje koksom	Grijanje plinom
1	2	3	4
Troškovi izgradnje ogrjevnog uređaja	10000	7200	9000
Godišnji troškovi grijanja			
1. Troškovi osnovnih sredstava	1100	930	1080
2. Troškovi posluge, uzdržavanje i drugo	108	156	107
3. Troškovi nosioca energije	1820	1610	1610
4. Najamnina za brojilo	109	—	—
5. Ukupni godišnji troškovi	3137	3796	2797

Konačno će biti od interesa istaknuti mišljenje koje se je o primjeni električnog grijanja ispoljilo na kongresu UNIPEDE u Badenu 1961. [3]. Na kongresu



Sl. 17. Krivulja trajanja temperature i potrebne topline za grijanje prostorija za tri mjeseca za grad Zagreb (Uneseni su izrazi za proračunane simboličke krivulje)

zastupane zemlje zauzele su uglavnom bilo rezervirano bilo odbijajuće stanovište prema direktnom električnom grijanju. Tome nasuprot neke su zemlje veoma živo podupirale akumulaciono grijanje iako je ukazano na činjenicu, da se ono nije do sada još moglo u nekim zemljama uvesti, jer ne zadovoljava.

Značajno je stanovište švicarskih elektroprivrednih krugova, budući da ono dolazi iz zemlje s isključivom hidroenergetskom elektrifikacionom proizvodnom bazom. Sva elektroprivredna poduzeća u Švicarskoj dozvoljavaju primjenu dodatnog električnog grijanja, dok se puno električno grijanje u pretežnom dijelu slučajeva odbija kao nepovoljno. Akumulaciono električno grijanje ne preporučuje se, jer su u zimskom razdoblju raspoložive snage protočnih elektrana razmjerno male, te je potrebno energiju u to doba uzimati iz hidroakumulacionih bazena ili je uvesti iz inostranstva, što u jednom i drugom slučaju znači primjenu visokovrijedne električne energije za potrebe prostornog grijanja. Drugi razlog leži u ocjeni, da se potrebna znatna ulaganja za pojačanje razvodnih mreža, mogu teže opravdati zbog slabog iskorištenja snage grijanja. Iz navedenih stanovišta vidi se da za sada nije u Švicarskoj uzeto u razmatranje povezivanje električnog grijanja s klimatizacijom prostorija, u kojem slučaju dolazi do povoljnijeg iskorištenja angažiranih snaga.

PREGLED ISKUSTVENIH VELIČINA O SPECIFIČNOM POTROŠKU ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA GRIJANJE PROSTORIJA

Iz prethodnih, a i drugih primjera, proizlaze raznovrsne vrijednosti specifičnog potroška električne energije za prostorno grijanje, pa se ukazuje korisnim ove jednoobrazno prikazati po vrstama prostorija i zemljama kako to pokazuje tablica 7. U ovoj tablici su unijeti radi potpunosti i podaci o električnom grijanju škola pomoću akumulacionog sistema, na temelju njemačkih iskustava [11]. Koncem 1961. u Njemačkoj grijano je oko 5000 školskih prostorija s priključnom vrijednosti od oko 10 MW s električnim akumulacionim grijanjem. Ispitivanja na temelju podataka elektroprivrednih poduzeća i elektroindustrije za 238 škola sa 531 mjerenom vrijednosti pokazuju da najveću specifičnu potrošnju imaju škole koje koriste električne peći s isključivim površinskim odavanjem topline. Potrošači peći s pretežnim površinskim odavanjem uz dodatno odavanje pomoću naravne ili umjetne konvekcije leže oko srednjih vrijednosti, dok peći s pretežno umjetnom konvekcijom (ventilatorske peći) imaju najniže specifične potroške.

O ELEKTRIČNOM GRIJANJU PROSTORIJA U JUGOSLAVIJI

Kakovi izgledi postoje za širu primjenu električne energije za grijanje prostorija u našoj zemlji ovisi

Energetske karakteristike električnog grijanja prostorija — Tablica 7

Zemlja	Vrst prostorija	Veličina grijanih prostorija		Ogrjevnih grad-dana	Potrebna toplina	Potrošnja el. energ.	Priključna snaga	Vrst grijanja	Specifične potrošnje po ogrjevnoj sezoni			
		m^2	m^3	°dana	kcal/h	kWh/sez.	kW		kWhm/^{2}	kWh/m^3	Wh/°dan i kcal/h	N_i h/god.
Berlin	stanovi	53	147	3133.5	5120	5700	10,2	akumul.	107,0	38,9	0,356	562
Austrija	stanovi	90	252			6000	7,8	akum. dinam.	66,7	23,8		770
						2500	5,85	dir. peći	27,8			
							31,50	ostala potr.				67
						8500	45,15	ukup. potr.	94,5			
Antwerpen	stanovi	100				10500	12,5	akumul.	105,0			840
Zap. Njemačka	stanovi	60				8000	10	akumul.	133,0			800
Berlin	jednoobitelj. kuća									57,8		
Belgija	jednoobitelj. kuća	204	610			15000	21,0	akum. peći	73,8	24,6		715
						2500	8,9	dir. peći	12,6	4,1		282
						17500	29,9	ukupno	86,4	28,7		590
Njemačka	238 škola		100-20000					mješ. akum.[1]		55-25[2]		
										6-140[3]		
Njemačka	škola					34600	105					330
	škola					16000	27					590
Austrija	škola		8397	3400	224000	363000	520	akum. I[4]		43,3	0,47	698
	škola		1272	3400	53000	69310	121	akum. I		54,5	0,12	572
	dječji vrtić		1632	3300	66000	77700	153	akum. I		47,6	0,36	508
Bruxelles	ured. zgrada	7200	20000			400000	450	akum. peći	55.5	20,0		890
						90000	140	direkt.	12,5	4,5		640
						490000	590	ukupno	68,0	24,5		830
Antwerpen	uprav. zgrada		64000	2750		866000	1340	akum. peći		13,5		645
							1150	dir. peći				
						318000	910	klim. uredj.		5,0		154
						1184000	3400	ukupno		18,5		350

[1] Mješovito akumulaciono grijanje: tip I isključivo s površine peći; tip II uz dodatne zračne kanale; tip III daleko pretežnim dijelom umjetnom konvekcijom (ventilatorske peći)
[2] Granice prosječnih vrijednosti
[3] Granice jediničnih vrijednosti po grupama veličine školskih prostorija
[4] Akumulaciono grijanje I: tip I isključivo s površine peći.

Granice potrebe topline za grijanje prostorija u nekim gradovima u Jugoslaviji Tablica 8

Područja s kontinentalnom klimom				Područja sa sredozemnom klimom			
Potreba topline u kcal				Specifična potreba topline u kcal/m³ prostorije			
godišnje 10^3	najhladnijeg mjeseca 10^3	najhladnijeg dana	maksimalno na h	kroz sezonu grijanja 10^3	najhladnijeg mjeseca 10^3	najhladnijeg dana	maksimalno na h
1	2	3	4	5	6	7	8
40 — 51,5	9 — 10	420 — 460	27,5 — 30,5	20 — 28	5,3 — 6,8	280 — 320	19 — 22

prvenstveno o veličini i strukturi naših prirodnih vrela energije, o klimatskim odnosima i o sadašnjoj i budućoj strukturi konzuma kod nas. Kako je o raspoloživim prirodnim vrelima energije već mnogo iznijeto u našoj literaturi neka ovdje budu promotreni naši klimatski uslovi kroz prizmu potrebnih količina topline za grijanje prostorija.

O potrebi topline za grijanje prostorija u našoj zemlji postoje proučavanja Instituta za elektroprivredu u Zagrebu [12]. Obrađene su prilike za 13 gradova prema srednjim mjesečnim temperaturama u razdoblju od 1926. do 1935, a prosječne mjesečne temperature sređene su u mjesečnim krivuljama trajanja. Primjera radi pokazane su u slici 17 ove krivulje za 3 mjeseca za grad Zagreb. Za proračun potrebne topline primijenjeno je aproksimativno određivanje krivulja vjerojatnosti prosječnih dnevnih temperatura. Količine topline proračunane su uz pretpostavku da je za 1 °C povišenja temperature zraka potrebna 1 kcal/h po m³ prostora, da unutarnja temperatura prostorije treba iznositi 20 °C i da prostoriju treba grijati kroz sve ono vrijeme kada je temperatura vanjskog zraka jednaka ili manja od 12 °C. Rezultati računa pokazuju da kod nas valja gradove uglavnom podijeliti u dvije skupine, u one s pretežno kontinentalnom i one s pretežno sredozemnom klimom. Granične vrijednosti potrebe topline za obe skupine sadržane su u tablici 8, a količine električne energije potrebne za dobivanje proračunanih količina topline navedene su u tablici 9.

Iz ove se tablice dade zaključiti da u prosjeku valja računati s najvećom potrebom od oko 0,5 kWh/m³ na dan za mjesta s kontinentalnom klimom, a sa oko 0,37 kWh/³ dan u mjestima sa sredozemnom klimom. Minimalna instalirana snaga kreće se u prosjeku od 0,34 za kontinentalno, odnosno 0,24 W/m³ za sredozemno područje.

Granice potrebe električne energije za grijanje prostorija u nekim gradovima u Jugoslaviji Tablica 9

Područja s kontinentalnom klimom				Područja sa sredozemnom klimom			
Potrebne količine i snage				Potrebne količine i snage			
Godišnja energija kWh/m³	Dnevni najveći potrošak kWh/m³	Minimalno potrebna snaga W/m³	Trajanje grijanja dana/god	Godišnja energija kWh/m³	Dnevni najveći potrošak kWh/m³	Minimalno potrebna snaga W/m³	Trajanje grijanja dana/god
1	2	3	4	5	6	7	8
47,2 — 60,0	0,48 — 0,53	32 — 35	170 — 210	22,5 — 37,7	0,33 — 0,38	22 — 25	120 — 145

Ako za savremenu stambenu izgradnju kao karakterističnog predstavnika uzmemo dvosobni stan od 60 m² površine i 180 m³ zapremine i uočimo potrebu najveće prostorije od cca 16 m² i 50 m³ volumena, dobivamo da kod 15-satnog dnevnog grijanja najveća potreba električne energije iznosi 25 kWh za kontinentalno područje, odnosno 18,5 kWh po danu za sredozemno klimatsko područje. Maksimalna instalirana snaga grijaćih uređaja za odabranu prostoriju iznosi u prvom slučaju 1,7 kW, a u drugom slučaju 1,23 kW. Potrošnja električne energije za cijeli standardni stan procijenjena je uz pretpostavku, da se ostale prostorije neće držati tako tople kao glavna soba i da će se one grijati s polovicom trajanja glavne sobe. U tom slučaju može se ocijeniti godišnja potrošnja električne energije za standardni stan od 4.500 do 6.000 kWh za kontinentalno i od 2.500 do 3.000 kWh za sredozemno klimatsko područje. Ako usporedimo ove teoretske rezultate, s praktičnim rezultatima iz inostranstva možemo ocijeniti da, promatrano s klimatoloških odnosa, električno grijanje prostorija ima u našoj zemlji povoljnije izglede nego u zapadnoj Evropi.

Na savjetovanju »Elektrotermija u kućanstvu«, koje je organizirao Jugoslavenski komitet za elektrotermiju i elektrokemiju u zajednici sa Elektrotehničkim društvom Hrvatske u Zagrebu godine 1960, iznijeta su u podnijetim referatima gledišta i osvijetljene mogućnosti električnog grijanja stanova s energetskog, ekonomskog i elektroprivrednog stanovišta. U jednom od referata [13] provedena je analiza racionalnosti primjene elektrotopline za grijanje prostorija u usporedbi s ostalim oblicima topline za odnose u našoj zemlji. Konstatirajući činjenicu da je u Jugoslaviji u privrednoj energiji zastupan ugljen sa 47 %, ogrjevno drvo i otpaci sa 36 %, vodne snage sa 10 % i sa 6 % razne visokovrijedne energije, kao što su nafta, zemni plin i slično, ukazuje se da kućanstva u našoj zemlji troše oko 47 % energija raspoloživih za potrošnju (baza go-

Struktura nosilaca energije u postocima utrošenih za potrebe kućanstava u Jugoslaviji u 1959.

Tablica 10

Nosioci ili oblik energije				
Drvo i otpaci	Ugljen	Tekuća goriva	Plin	Elek. energija
1	2	3	4	5
73	22	1,5	0,5	3,0

Ukupni stupanj djelovanja korištenja topline u postocima kod raznih nosilaca energije za odnose u Jugoslaviji

Tablica 11

Namjena topline u kućanstvu	Nosilac energije						
	Električna struja iz			Gradski plin		Kruta goriva	Para ili vruća voda iz toplana
	termoelektrana	toplana	hidrotermo proizvodnja*	Valorizacija koksa			
				uvažena	nije uvažena		
1	2	3	4	5	6	7	8
Kuhanje	12,7	42,5	21,8	30,4	25,0	13,5	—
Priprema tople vode	13,8	46,0	23,6	41,5	33,8	36,0	—
Grijanje prostorija	17,2	57,5	29,5	45,2	36,0	31,5	57,0

* Udio hidroenergije 60 %

dine 1956). Od tih količina otpada oko 90 % za potrebe grijanja, kuhanja i pripreme tople vode. Struktura potrošnje energije u našoj zemlji procijenjena za godinu 1959. prikazana je u tablici 10.

Ako usporedimo potrošnju električne energije za potrebe kućanstva kod nas s potrošnjom u nekim drugim zemljama Evrope, vidimo da je ta potrošnja kod nas razmjerno mala. U našoj zemlji udio potrošnje za potrebe kućanstva prema ukupnoj potrošnji električne energije iznosi samo 3,5 % prema Austriji sa 5,6 %, Njemačkoj sa oko 4%, Švedskoj sa oko 4,5 % i Švicarskoj sa oko 14 %.

Za ocjenu mogućnosti primjene električnog grijanja kod nas važno je znati da je godine 1956. ukupan broj ložišta u domaćinstvima iznosio 6,880.000, u kojima je korišten lignit i mrki ugljen sa oko 28,5 %, a drvo sa 71,5 %.

Navedena struktura korištenih nosilaca topline u domaćinstvima trebala bi da bude odraz ocjene vrijednosti potrošača koju oni pripisuju pojedinim oblicima energije. Teško je vjerovati da je to stvarno i slučaj. Što više bit će ispravnije pretpostaviti da u pretežno većem broju slučajeva takovog vrednovanja nema, već da je u pitanju moć navike ili neznanje.

Za mnogobrojne kućanske potrebe često se primjenjuju razni nosioci energije, od kojih su podesni za naše odnose ugljen, drvo, plin i električna energija, pa se ukazuje korisnim postaviti usporedbenu analizu ekonomičnosti primjene tih nosilaca energije u domaćinstvu.

S općeg energetskog stanovišta važan je ukupan stepen djelovanja korištenja topline uključivši postrojenje za dobivanje određenog energetskog oblika i transport te sama trošila topline. Ukupan stupanj djelovanja za razne nosioce kod kuhanja, pripreme tople vode i kod grijanja prostorija u domaćinstvima naveden je za naše odnose u tablici 12. Ako usporedimo ove rezultate s analognim rezultatima iz ostalih zemalja Evrope, vidimo da prosjek Evrope leži više i to u prosjeku za potrebe grijanja prostorija za oko 20 % kod plina, 30 % kod termoelektrične energije i sa 80 % kod krutih goriva.

Iz prednjih se pokazatelja vidi da je, polazeći samo s energetskog stanovišta, električno grijanje prostorija racionalnije od grijanja krutim gorivima kada je električna energija dobivena iz toplane, a jednako racionalno kada je u pitanju proizvodnja iz mješovitog hidrotermičkog opskrbnog sistema. Iz svega navedenog vidljivo je da primjeni električnog grijanja za naše odnose nema prigovora s općeg energetskog stanovišta.

Pored energetskog važno je i ekonomsko stanovište za procjenu povoljnosti primjene jednog ili drugog

Usporedba ekonomičnosti primjene raznih nosilaca energije za toplinske potrebe u kućanstvima Tablica 12

Namjena	Oznaka elementa usporedbe		Nosilac energije			
			Ugljen	Drvo	Plin	Elek. struja
1	2		3	4	5	6
Za sve potrebe	Nabavna cijena topline	Din/1000 kcal	1,50	3,20	4,85	10,00
	Troškovi posluge	Din/1000 kcal	1,00	1,00	—	—
	Ukupna cijena topline	Din/1000 kcal	2,50	4,20	4,85	10,00
Kuhanje	Stupanj djelovanja naprave	%	15	15	55	75
	Troškovi korisne topline	Din/1000 kcal	16,65	28,00	8,82	13,50
	Usporedbeni koeficijent ekonomičnosti		1,89	3,18	1,00	1,53
Priprema tople vode	Stupanj djelovanja naprave	%	40	40	75	80
	Troškovi korisne topline	Din/1000 kcal	6,25	10,50	6,46	12,50
	Usporedbeni koeficijent ekonomičnosti		1,00	1,68	1,03	2,00
Grijanje prostorija	Stupanj djelovanja naprave	%	35	35	80	100
	Troškovi korisne topline	Din/1000 kcal	7,15	12,09	6,08	10,0
	Usporedbeni koeficijent ekonomičnosti		1,18	1,98	1,00	1,65

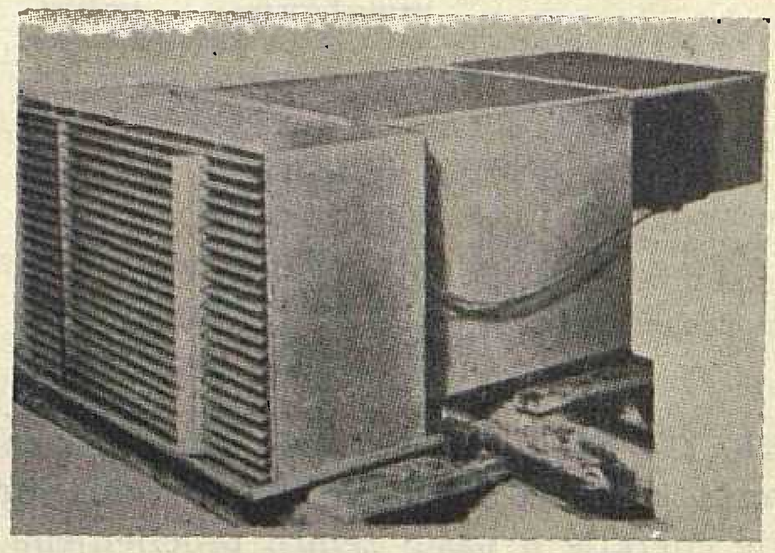
oblika grijanja prostorija, pa se navode i provedene ekonomske usporedbe za pojedine nosioce za područja gradova. Za električnu energiju uzeta je u obzir srednja cijena od 8,63 Din/kWh, za gradski plin cijena od 4,85 Din/1000 kcal, za ugljen cijena bez regresa od 1,5 Din/1000 kcal za 60 %-tnu mješavinu lignita i 40 %-tnu mrkog ugljena i za drvo cijena od 3,2 Din/1000 kcal. Za kruto gorivo cijena je proračunata franko podrum domaćinstva u obliku spremnom za primjenu. Troškovi posluge kod krutih goriva ocijenjeni su na utrošku vremena od 40 sati rada u domaćinstvu za 1000 kg krutog goriva. Iz dobivenih rezultata, prikazanih u tablici 12, vidi se, da je promatrano s čisto ekonomskog stanovišta, plin najjeftiniji za grijanje stanova, drvo daje najskuplja rješenja kod kuhanja i grijanja prostorija, dok je električna energija najskuplje rješenje za kuhanje i za grijanje. Sniženjem cijene električne energije u razumnim granicama, imajući prvenstveno u vidu noćnu struju, omogućuje se da električna energija postane ozbiljan takmac i plinu i ugljenu za potrebe prostornog grijanja. Tu konstataciju potvrđuju i iskustva iz inostranstva gdje je očigledno širenje električnog akumulacionog grijanja prostorija upravo u zemljama nisko tarifirane električne energije.

Kod opisanih ekonomskih analiza nije međutim uvažena i upotrebna vrijednost pojedinih nosilaca energije, a koja vrijednost je kod električne energije nesumnjivo najviša i to naročito onda kada se životni standard radnog čovjeka nalazi u porastu. Ova okolnost je i uzrokom da se u novije usporedbene analize uvode pokazatelji koji omogućuju i definiranje energetskih kvaliteta. Tako je uveden uz pojam iskorištene energije i pojam korisne energije [14]. Ovaj pojam povezuje sve prednosti koje pruža korištenje oplemenjene energije i za koje prednosti je potrošač voljan platiti i višu cijenu. Te prednosti različite su prema nosiocu energije i primjeni, a dolaze do izražaja kroz bolju regulaciju topline, automatizaciju, odnosno jednostavnost posluživanja, povećanu udobnost, viši stupanj higijeničnosti i još druge nedefinirane prednosti, čija je ocjena posve individualne prirode. Praksa je pokazala da je korisnost električne energije općenito visoko cijenjena, što je i uzrok njenoj sve većoj primjeni u kućanstvima i za potrebe prostornog grijanja i to dapače i uz uvjet većih finacijskih izdataka.

NOVA STREMLJENJA U TEHNICI SAVREMENOG GRIJANJA PROSTORIJA

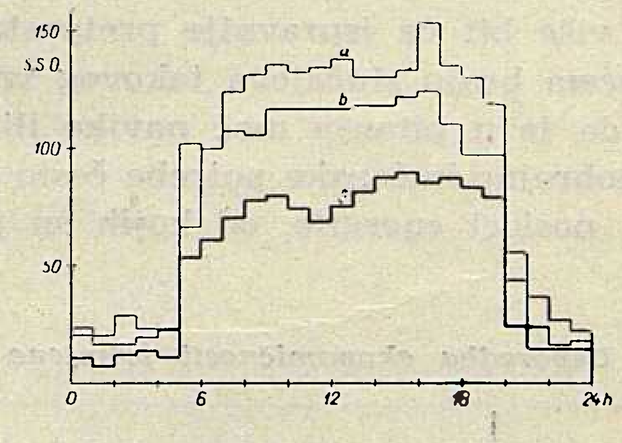
U novije vrijeme sve su očitija nastojanja u nekim zemljama da se poveže grijanje sa zračenjem odnosno klimatizacijom prostorija. To ukazuje da je uputno električno grijanje promotriti i u vezi s klimatizacijom prostorija.

Klimatizacija ima zadaću, da osobine zraka u prostoriji, u pogledu čistoće, gibanja, vlage i temperature uspostavi i održava neovisno od vanjske temperature u granicama koje odgovaraju za svrhe dotične prostorije. Kako pogon klimatizacionih uređaja redovito utječe na krivulje opterećenja, elektroprivrede naprednih zemalja primorane su da se pozabave problemom klimatizacije naročito u gradovima u kojima povećana industrijalizacija i tehnifikacija pogoršava iz dana u dan sve više kvalitetu zraka. Povrh toga savremeni gradski čovjek traži i teži za sve većom udobnošću zadržavanja u zatvorenim prostorijama, pa čistoća zraka postaje sve više važan faktor ne samo sa zdravstvenog stanovišta, već i sa stanovišta udobnosti. Onečišćenje zraka u gradskim i industrijskim



Sl. 18. Klimatizacioni uređaj za stanove

naseljima dolazi pretežnim dijelom kroz čađu i plinove sagorijevanja, a u velikim gradovima glavni uzročnici lošeg zraka jesu ugljenom grijane peći. Sagledavajući međutim pitanje grijanja prostorija u budućnosti ne možemo da smetnemo s uma činjenicu da će nestašica ugljena u budućnosti sve jače nalagati da on prestane biti gorivom i da postepeno pređe u grupu sirovina. Dobava topline postat će u budućnosti domena atomskih postrojenja, a što će biti u daljnjoj budućnosti riješit će čistoća zraka u gradovima. Do toga vremena ostaje čistoća gradskog zraka važan problem s kojim se u sadašnjosti suočavamo. U naprednim zemljama podiže se tako sve snažnije zahtjev savremenog čovjeka za svježim zrakom ljeti, a za čistim, higijenskim i udobnim grijanjem zimi.



Sl. 19. Srednje satno opterećenje *(s.o.s.)* uređaja za klimatizaciju Radio-nebodera u Berlinu za tri karakteristična mjeseca (radni dani)

Potrošak: *a)* srpanj (21 dan) 39,2 MWh; *b)* kolovoz (23 dana) 42,6 MWh *c)* rujan (22 dana) 28,2 MWh

U praktičnom životu uočeno je da klimatizacija ima i stanovitih prednosti privrednog karaktera, jer se pokazalo da se u klimatiziranim poslovnim zgradama povećava radni učin a u pogonskim prostorijama da nastupa poboljšanje zdravstvenog stanja radnih ljudi, smanjenje radnih propusta i opadanje nesreća pri radu. Drugim riječima klimatizacija poboljšava »pogonsku klimu« što znači da se troškovi klimatizacionih uređaja tim načinom većim dijelom kompenziraju [15]. Pored toga u kazalištima, kinematografskim i javnim dvoranama, trgovačkim kućama i trgovinama živežnih namirnica sve se više uvode uređaji za klimatizaciju, a isto tako sve veći značaj poprima klimatizacija u rudnicima, na brodovima i željezničkim vagonima.

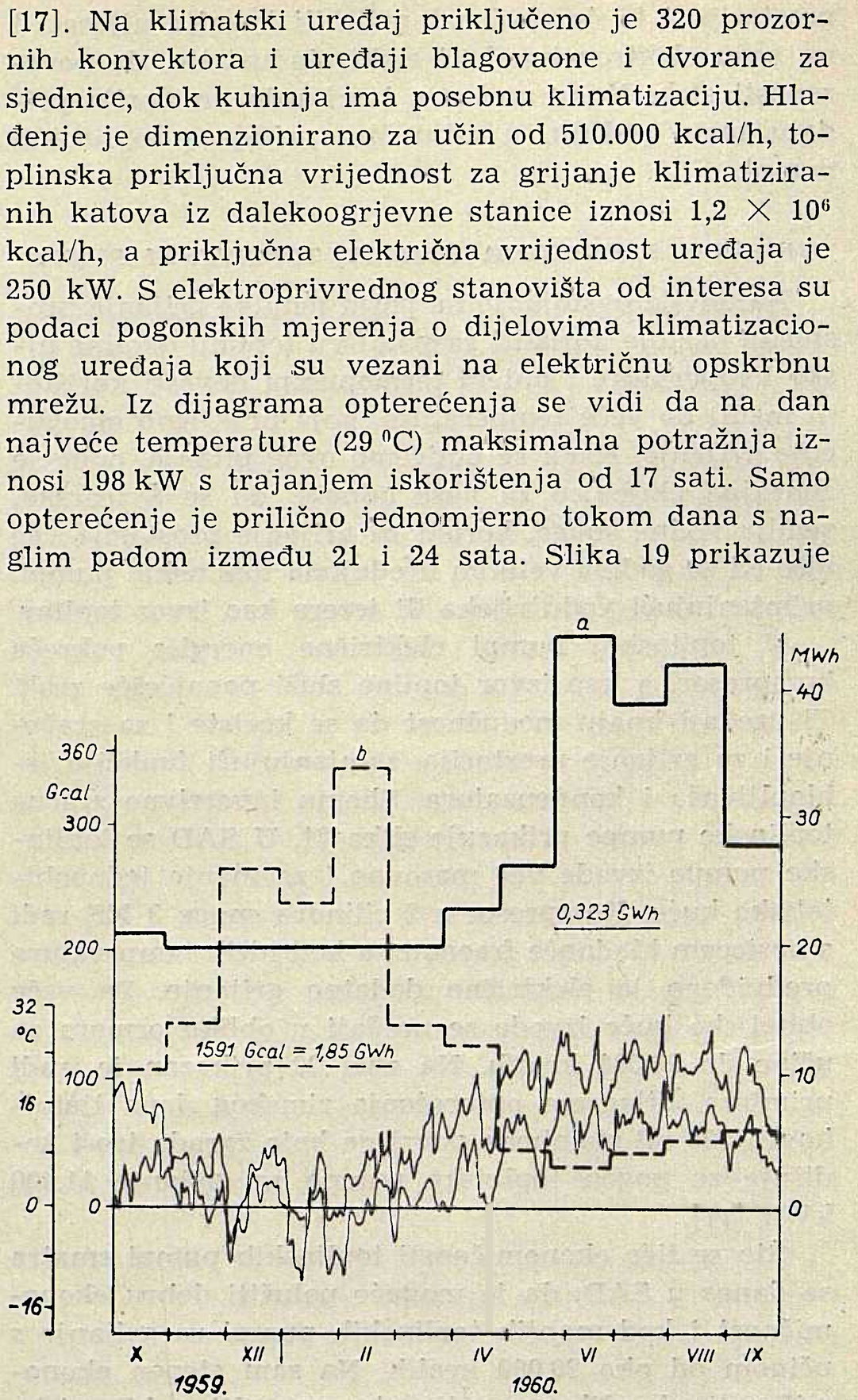
Ponajprije neka budu promotreni uređaji za klimatizaciju u uredskim prostorijama [15]. Radna prostorija iziskuje temperaturu koju treba održavati bez obzira na vanjsku temperaturu zraka. Ta radna temperatura iznosi ljeti oko 25 a zimi oko 20 °C. Klimatizacioni uređaji dovođenjem u prostoriju hladnog odnosno toplog zraka osiguravaju željenu radnu temperaturu, pa tako imamo već prema doba godine ogrjevni odnosno rashladni pogon klimatizacionog uređaja, što uslovljuje da stoje na raspoloženju dovoljne količine hladnoće odnosno topline.

Na energetsku potrebu klimatizacije utječe više faktora kao što su sunce, temperatura, vjetar, kakvoća zgrade i sama tehnička konstrukcija klimatizacionog uređaja. Ne ulazeći u razne konstruktivne varijante dovoljno je istaći, da se u biti radi o procesu temperiranja, čišćenja, ovlaživanja i transportiranja zraka. S obzirom na cijelo godišnje trajanje pogona klimatizacionog uređaja (ljetni i zimski rad) — polučuje se visoki stupanj trajanja iskorištenja instalirane snage. Praktični rezultati u velikim uredskim zgradama u Njemačkoj ukazuju na trajanje iskorištenja snage klimatizacionog uređaja od 3 do 4.000 sati godišnje, tako da pogon za klimatizaciju bez akumulacije može imati nepoželjan utjecaj na dijagram opterećenja javne elektroprivrede, za vrijeme vrhova opterećenja. Korištenjem vode kao međumedija, kako je to primjerice slučaj u Švicarskoj, može se potrebna električna snaga zagrijavanja potisnuti iz doba vršnih opterećenja korištenjem energetskih rezervi sakupljenih u doba malih opterećenja opskrbne mreže.

U klimatizaciji su na vodećem mjestu Sjedinjene Američke Države gdje se je već prije 15 godina prešlo i na serijsku proizvodnju klimatizacionih uređaja za stanove. U ostalim zemljama Evrope ovakav razvoj zaostaje od 10 do 20 pa i više godina. Razumljivo je stoga da se i kod nas mora u pogledu šire primjene klimatizacije računati s odgovarajućim vremenskim pomakom prema zapadnim zemljama, što ipak ne znači da ne treba već sada promotriti mogućnost primjene klimatizacionih uređaja u većem opsegu u dogledno vrijeme i u našoj zemlji.

Uvođenje centralnih klimatizacionih uređaja u postojećim zgradama skopčano je s velikim troškovima i nailazi na mnoge tehničke poteškoće. To nameće potrebu individualnih rješenja za pojedine prostorije primjenom manjih uređaja koji se izvode kao prozorne ili zidne klimatizacione naprave, podešene za izravno uvođenje zraka u prostoriju. Amerikanske serijske izvedbe prozornih klimatizacionih naprava omogućuju njihovu primjenu za hlađenje ili za grijanje na principu toplinske pumpe (sl. 18). Veći pojedinačni klimatizacioni uređaji izvode se kao klimatizacioni sanduci i klimatizacioni ormari i služe za obrtne prostorije i trgovine. Klimatizacioni sanduci dosižu učin od 60.000 kcal/h i postavljaju se u pomoćnim prostorijama. Kod većih potreba dolaze u obzir centralni klimatizacioni uređaji smješteni u posebnoj pogonskoj prostoriji izvedeni kao niskotlačni ili kao visokotlačni sistemi.

Radi ilustracije iznose se rezultati centralnog klimatizacionog uređaja visokospratne poslovne zgrade od 20 katova, od kojih se klimatizira 12 gornjih sa 15.600 m³ zapremine kod podne površine od 5200 m² [17]. Na klimatski uređaj priključeno je 320 prozornih konvektora i uređaji blagovaone i dvorane za sjednice, dok kuhinja ima posebnu klimatizaciju. Hlađenje je dimenzionirano za učin od 510.000 kcal/h, toplinska priključna vrijednost za grijanje klimatiziranih katova iz dalekoogrjevne stanice iznosi $1{,}2 \times 10^6$ kcal/h, a priključna električna vrijednost uređaja je 250 kW. S elektroprivrednog stanovišta od interesa su podaci pogonskih mjerenja o dijelovima klimatizacionog uređaja koji su vezani na električnu opskrbnu mrežu. Iz dijagrama opterećenja se vidi da na dan najveće temperature (29 °C) maksimalna potražnja iznosi 198 kW s trajanjem iskorištenja od 17 sati. Samo opterećenje je prilično jednomjerno tokom dana s naglim padom između 21 i 24 sata. Slika 19 prikazuje



Sl. 20. Mjesečni potrošak struje i topline uređaja za klimatizaciju (radni dani) u Radio-neboderu u Berlinu. Hlađenje i zračenje: najveće opterećenje 198 kW (dne 1. 8. 1960.). Trajanje dobave 1630 sati.

a — grijanje Gcal; *b* — hlađenje i grijanje MWh; *c* — tokovi najviše i najniže temperature °C

dijagrame opterećenja za tri dana triju uzastopnih mjeseci ljeta i jeseni, s veoma jednomjernim opterećenjem od 5 do 20 sati, a slika 20 sadrži dijagram godišnje potrošnje električne energije. Kod maksimalnog opterećenja od 198 kW i godišnje potrošnje od 323 MWh polučeno je trajanje iskorištenja maksimalnog opterećenja od 1630 sati. Specifični potrošak za hlađenje i zračenje iznosi 20,8 kWh/m³ klimatiziranog prostora. Preuzeta količina topline iznosila je godišnje 1591 Gkcal, što odgovara 1,85 GWh, odnosno potrošku za grijanje od 117 kWh/m³ odnosno 352 kWh/m².

Iz navedenih se podataka razabire da su klimatizacioni uređaji sa svojim dobrim iskorištenjem maksimalnog opterećenja s gledišta elektroprivrede razmjerno povoljan potrošač, tim više što je potreba za hlađenje i zračenje koncentrirana na mjesece slabijeg opterećenja mreže. Iz ovoga se dade zaključiti povoljan utjecaj klimatizacionih uređaja povezanih s električnim grijanjem na trajanje iskorištenja angažirane snage mreže.

Naše klimatske prilike su naročito povoljne za kombinirano grijanje i zračenje stambenih i drugih

prostorija i ta će okolnost prije ili kasnije utjecati i na našu elektroprivredu i elektroindustriju, da povezanosti električnog zračenja i grijanja prostorija pridaju punu pažnju, u cilju šire primjene toplinskih pumpi.

GRIJANJE PROSTORIJA POMOĆU TOPLINSKIH PUMPI

Najnovija nastojanja na polju tehnike grijanja prostorija nastoje koristiti raspoloživu toplinu okoline niske temperature i putem termopumpi dovesti korišteni medij do veće temperature, koja praktično omogućuje grijanje. Kada se dotičemo ovog pitanja, onda je značajna činjenica za naše odnose, da se Švicarska, zemlja vodne snage, koristi za grijanje prostorija već više od 20 godina velikim uređajima toplinskih pumpi, primjenjujući vodu rijeka ili jezera kao izvor topline.

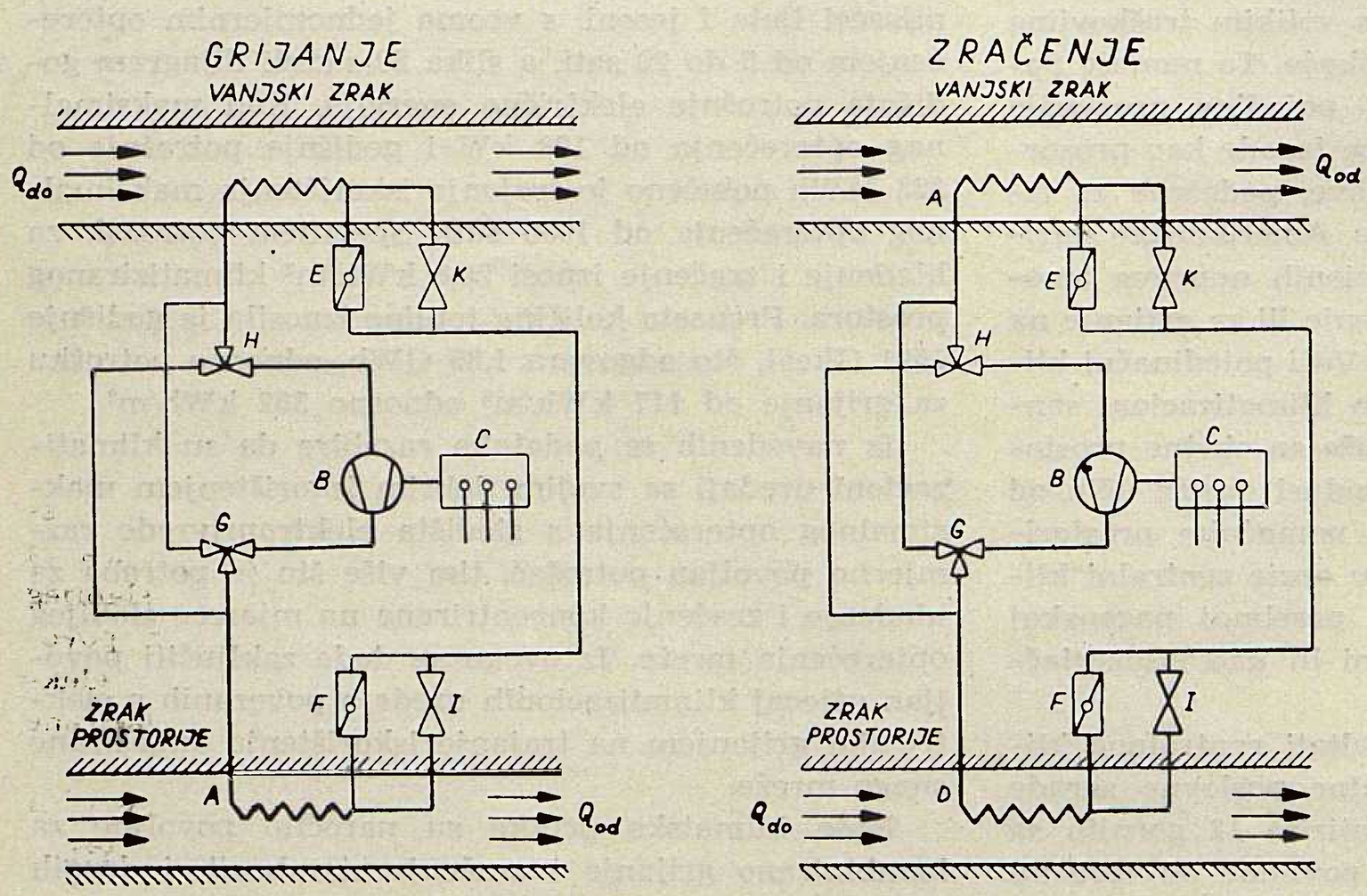
U toplinskoj pumpi električna energija pokreće kompresor, a kao izvor topline služi ponajčešće zrak. Ti uređaji imaju mogućnost da se koriste i za zračenje i za grijanje prostorija, zamjenjujući funkciju ishlapljivača i kondenzatora. Shemu inverzivne zračne toplinske pumpe prikazuje slika 21. U SAD se toplinske pumpe izvode već masovno i za manje jednoobiteljske kuće. Kompresor s 2 cilindra snage 3 KS radi s nosiocem hladnoće freonom, a kod nižih temperatura predviđeno je električno dodatno grijanje. Za veće obiteljske kuće izvode se uređaji u obliku ormara za učine do 20.000 kcal/h. Na slici 22 prikazan je, radi primjera, dijagram opterećenja zimskog dana ljetnikovca 120 m² stambene površine koja zgrada troši godišnje za pogon toplinske pumpe za grijanje 11.400 kWh [17].

Što se tiče ekonomičnosti toplinskih pumpi smatra se danas u SAD, da je moguće polučiti dobru ekonomičnost i kod manjih toplinskih pumpi za grijanje s učinom od oko 20.000 kcal/h. Na sam stepen ekonomičnosti od velikog su utjecaja, razumljivo, klimatske prilike, jer ekonomičnost toplinskih pumpi opada sa sniženjem temperature atmosfere, tako da su za ekonomičnu primjenu malih toplinskih pumpi bolji izgledi u toplijim krajevima, gdje se one mogu koristiti i za hlađenje ljeti i za grijanje zimi.

Od interesa je istaknuti povoljnu prognozu za primjenu toplinskih pumpi u SAD, gdje elektroindustrija već narednih godina prilazi masovnoj proizvodnji kućanskih toplinskih pumpi za grijanje i hlađenje sa ciljem da do godine 1970. njima opremi oko 4,500.000 stanova dakle oko 5 % ukupnog stanovništva. U Njemačkoj, u kojoj klimatske prilike nisu povoljne za takav brzi razvoj, ipak se predviđa da će tamošnja industrija u najskorije vrijeme razviti podesne uređaje s toplinskom pumpom za grijanje i hlađenje pri čemu se računa na mogućnost izvoza tih aparata u južne zemlje Evrope.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Pošto je prikazano stanje električnog prostornog grijanja u nekim naprednim zemljama i ukazane mogućnosti za njegovu primjenu kod nas, bit će zanimljivo izvesti stanovite zaključke o vjerojatnom budućem razvoju električnog grijanja u gradovima naše zemlje. Neka nam u tu svrhu posluži, primjerice, područje užeg Zagreba, čiji zimski dijagram opterećenja, prikazan na slici 23, pokazuje maksimalno opterećenje od 100 MW sa znatnim noćnim raspoloživim snagama. Postavlja se pitanje koliko te raspoložive snage mogu da uz primjenu akumulacionog sistema pokriju zimsko opterećenje električnog grijanja gradskog stanovništva. U užem Zagrebu ima oko 250.000 stambenih prostorija i ako računamo s prosječnom veličinom od 40 m³ po prostoriji i sa snagom grijanja 50 W po m³ prostora, dolazimo do potrebne snage za grijanje od 600 MW. Ova snaga istodobno uključena u zimskim mjesecima u noćno opterećenje nadvisuje sadašnje maksimalno zimsko opterećenje za oko 7 puta, što znači da o nekom ispunjavanju dolina opterećenja putem električnog grijanja ne može biti ni govora. To znači da električno akumulaciono grijanje može biti sada i u bližoj budućnosti samo djelomično rješenje prostornog grijanja. Iz navedenog primjera proizlazi da bi već samo 10 % stanova grada Zagreba, opremljenih električnim akumulacionim pećima za puno grijanje,



Sl. 21. Shema inverzivne zračne termopumpe

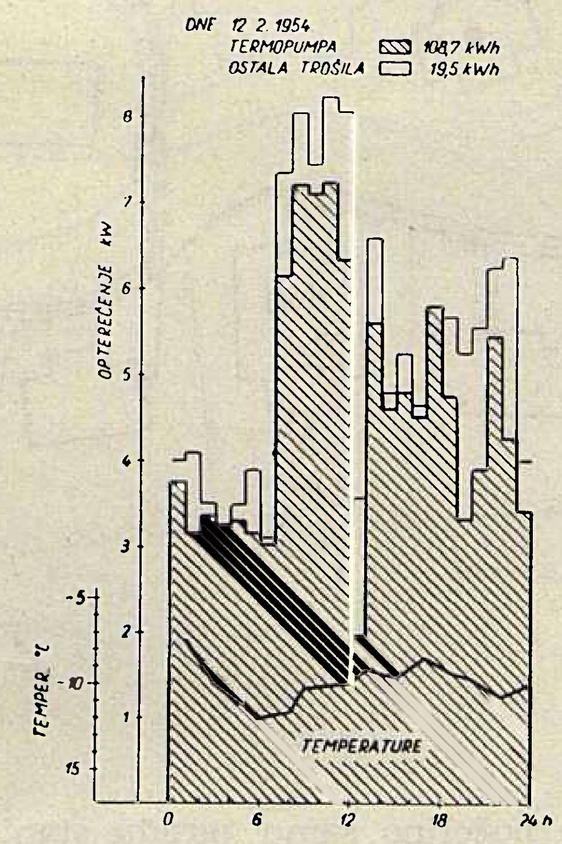
A – kondenzator; *B* – kompresor; *C* – motor; *D* – isklopka; *E* i *F* – prigušni ventili; *G* i *H* – preklopni ventili; *I* – ventili

stvorilo noćno maksimalno opterećenje veće od sadašnjeg večernjeg maksimalnog zimskog opterećenja grada.

Računajući s normalnim elektroprivrednim razvojem, možemo aproksimativno ocijeniti maksimalnu raspoloživu snagu noćnih dolina užeg Zagreba nakon 10 godina sa 300 MW, što znači da bi bilo moguće sa noćnim i poslijepodnevnim dolinama opterećenja gradske mreže grijati oko 50 % sadašnjeg broja zagrebačkih stanova.

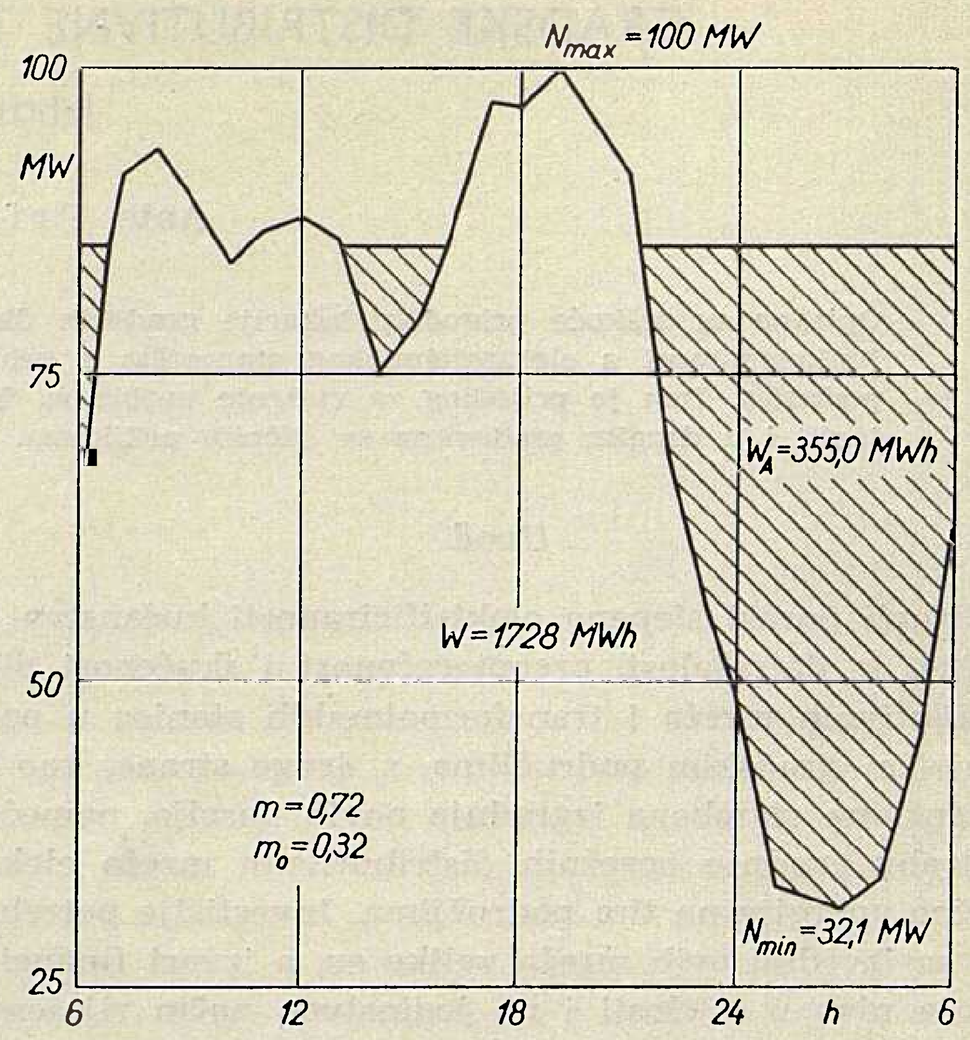
Kako se analogni odnosi mogu predmnijevati i za ostale gradove našeg kontinentalnog područja, dolazimo do zaključka da akumulaciono električno grijanje stanova, odnosno prostorija, može biti samo djelomično rješenje prostornog grijanja. Primjena direktnih električnih peći za puno grijanje dovelo bi nesumnjivo do lošijeg iskorištenja elektroprivrednih kapaciteta, te stoga one — u dotjeranoj tehničkoj savremenoj izvedbi — mogu naći ekonomičnu primjenu samo kao dopunsko ili polurezervno grijanje odnosno za kratkotrajno zagrijavanje malih prostorija.

Razmatranja u prethodnim članovima ukazuju da se u bližoj budućnosti nameće potreba povezanog električnog grijanja prostorija s klimatizacijom, što se prvenstveno odnosi na privredne i javne veće prostorije, dok u daljoj budućnosti treba tražiti rješenje za grijanje prostorija »uz pomoć« električne energije, koje bi znatno smanjilo potrebnu električnu snagu grijaćih uređaja. Budući sistem električnog grijanja prostorija ukazuje na primjenu toplinskih pumpa, povezanih s klimatizacijom prostorija kao racionalno energetsko i ekonomsko korištenje električne energije za grijanje i zračenje prostorija.



Sl. 22. Dnevni dijagram opterećenja termopumpe ljetnikovca u Clevelandu

Takav zaključak koji se odnosi na budućnost ne smije međutim kočiti razvoj primjene električnog grijanja prostorija u našoj zemlji, jer su već stečena iskustva pokazala da se povećanjem vremena, koje stoji na raspoloženju za akumuliranje topline u akumulacionim pećima, mogu polučiti rješenja koja će zado-



Sl. 23. Dijagram dnevnog opterećenja užeg područja grada Zagreba 19. 12. 1962.

voljavati jednako potrošače kao i elektroprivredu. Elektroprivreda podesnim tarifnim sistemom moći će već sada tako usmjeravati opseg primjene električne energije za grijanje prostorija, da ono bude energetski i ekonomski opravdano i da zadovolji povećane zahtjeve za komfornim i higijenskim grijanjem.

Literatura

[1] E. Tiberghien, *Electric Space-Heating.* Kongres UNIPEDE, Prof. VII-4, str. 9.

[2] P. Borstelmann, *Gegenwärtige und zukünftige Bedeutung der elektrischen Raumheizung.* Elektrowärme 1962, br. 7, str. 301.

[3] A. Clausen, *Elektrische Raumheizung.* Elektrizitätsverwertung 1962, br. 1, str. 1.

[4] H. Kirn, *Die Auswirkung von Wärmespeicheranlagen auf das Ortsnetz.* Elektrowärme 1961, br. 2, str. 51.

[5] Elektrowärme 1961, br. 2, str. 51; Heating 1960, br. 175, str. 230.

[6] P. Borstelmann, *Elektrische Raumheizung.* ETZ-B 1962, br. 4, str. 79.

[7] L. J. J. Boer, *De toepaasingsmöglykheid van accumulerende kachels in Nederland.* Electro-Techniek 1962, br. 14, str. 321.

[8] H. Richert, *Der Stromverbrauch von Speicherraumheizungsanlagen insbesondere in Wohnungen.* Elektrowärme 1962, br. 7, str. 323.

[9] Ir. P. Lesire, *Erfahrungen mit elektrischen Speicherraumheizungen in Belgien.* Elektrowärme 1962. br. 7. str. 330.

[10] L. Shepherd, *Erfahrungen mit elektrischer Speicherheizung in England.* Elektrowärme 1962, br. 7, str. 336.

[11] H. Masukowitz, *Wirtschatftlichkeitsfragen der elektrischen Speicherraumheizung besonders in Schulen.* Elektrowärme 1962, br. 7, str. 313.

[12] H. Požar, J. Keglević, M. Balling, *Potrebna toplina i električna energija za grijanje prostorija u nekim gradovima Jugoslavije.* Energija 1960, br. 7–8, str. 209.

[13] J. Lucati i B. Filipović, *Racionalnost primjene elektrotopline u usporedbi s ostalim oblicima topline.* Referat na savjetovanju Elektrotoplina u kućanstvu, Zagreb 1960.

[14] J. Lucati, *Studija.*

[15] W. Marshal, *Klimatik und Elektrizitätsversorgung.* Elektrowärme 1961, br. 2, str. 70.

[16] XVI. Kongress für Heizung und Lüftung, Berlin 1961. Bericht 199.

[17] M. Oppert, *Klimaanlagen, Wärmepumpen und ihre elektrizitätswirtschaftlichen Auswirkungen.* Elektrowärme 1961, br. 2, str. 73.

Naslov pisca: Ing. Božidar Filipović, Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37

GRADSKE DISTRIBUTIVNE TRANSFORMATORSKE STANICE

Izbor lokacije

Ante Primožić, Rijeka

Opisane su teškoće prigodom lokacije gradskih distributivnih transformatorskih stanica, gdje se sukobljuje funkcionalnost s elektrotehničkog stanovišta s urbanističko-arhitektonskim koncepcijama izgradnje gradskih područja. Dan je prijedlog za rješenje problema. Kao primjer naveden je grad Rijeka, ali se može primijeniti i u drugim gradovima sa sličnim prilikama.

DK 621.311.42

Uvod

Nagli porast stepena elektrificiranosti kućanstva s jedne, te dotrajalost, preopterećenost i skučenost distributivnih mreža i transformatorskih stanica u postojećim gradskim područjima, s druge strane, kao i intenzivna stambena izgradnja novih naselja, nameće potrebu gradnje opsežnih distributivnih mreža električne energije na tim područjima. Investicije potrebne za izvedbu ovih mreža velike su, a izvori financiranja nisu u cijelosti i na jedinstven način riješeni, te prelaze mogućnosti pojedinih distributivnih poduzeća, s obzirom na njihove raspoložive vlastite fondove.

S gledišta upotrebne vrijednosti električne energije u svakodnevnom suvremenom životu, ove su mreže neophodan sastavni dio organizma pojedinih gradova. Radi toga treba planiranje razvoja gradskih distributivnih mreža, njihov oblik, rasplet, kao i lokaciju, neminovno rješavati u skladu s rastućim potrebama konzuma, u uskoj suradnji s planerima urbanističkog razvoja i odgovornim predstavnicima vlasti, kako bi bile u tehničkom pogledu čim savršenije, a u ekonomskom čim povoljnije izvedene.

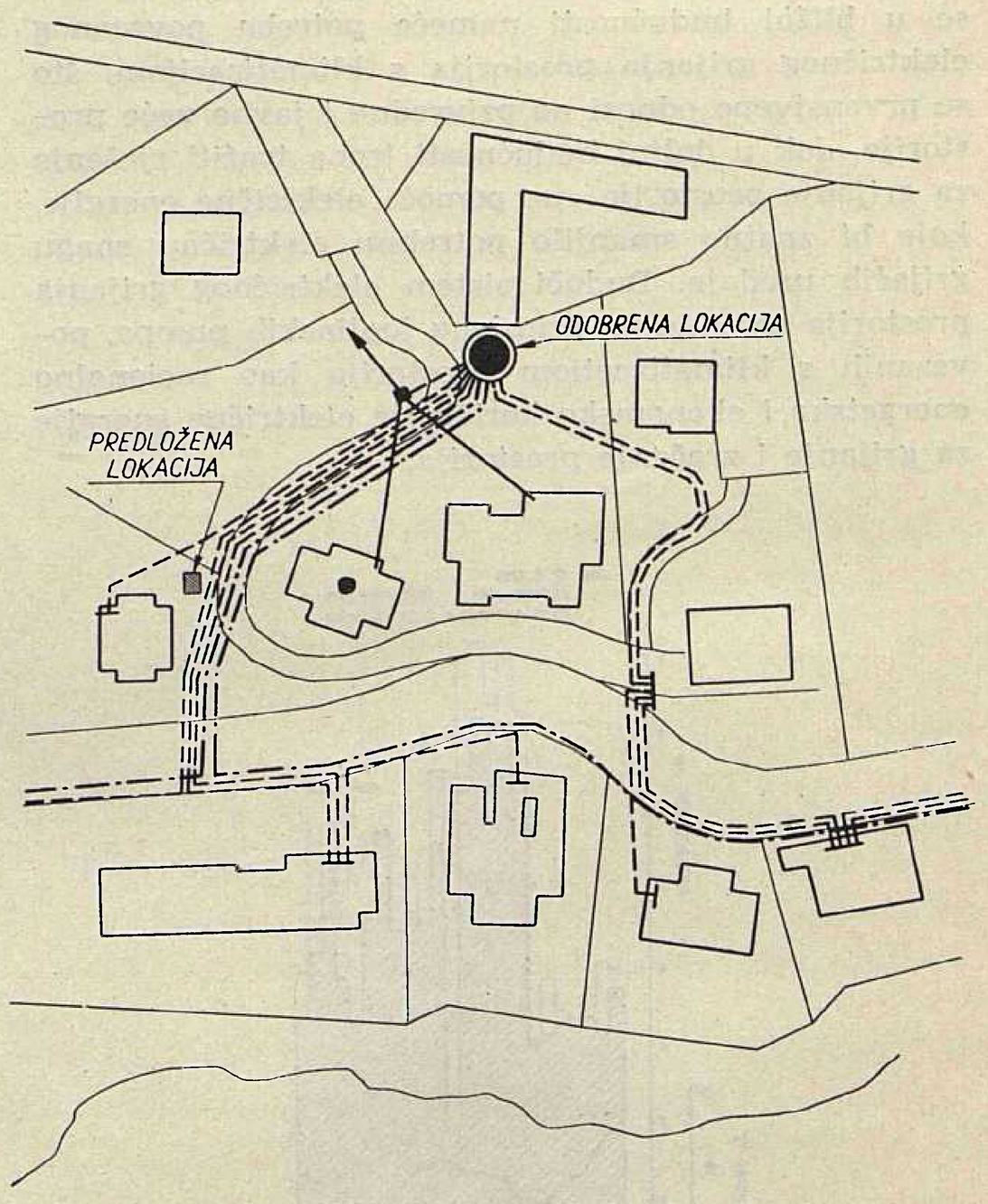
U toku razrade i realizacije planova mreže u najviše slučajeva obično nema poteškoća, jer ih elektrotehničar, na osnovu urbanističkog plana, rješava sam, dok kod lokacije transformatorskih stanica, kao najuočljivijeg elementa mreže, dolazi do nesuglasica. Imamo li u vidu, da se cijena gradske električne mreže (visokog i niskog napona, transformatorskih stanica i javne rasvjete) kreće od 100.000 do 145.000 dinara po jednom kućanstvu, što ovisi o tipu i gustoći naselja, i da tranformatorske stanice u toj cijeni učestvuju sa oko 32 %, razumljivo je, koliku im važnost treba pridavati.

Naročitu pažnju treba posvetiti upravo lokaciji ovih stranica, tim više, jer pojedine napajaju svega oko 200 kućanstava, a tehnički i ekonomski pravilno rješenje, neosporno nameće lociranje stanice u težištu njenoga konzumnog područja.

Opći uvjeti lokacije

Prvi i osnovni zahtjev dobre lokacije transformatorske stanice je njeno postavljanje u težišta konzuma. Ovime se postiže povezivanje potrošača najkraćim vodovima, kao i najpovoljniji rasplet mreže i tok energije, jer se neposredno iz čvorišta svaki vod može razvesti na svoju stranu. Iz ovoga rezultira ne samo najniža investicija samog raspleta, nego i najpovoljnije iskorištenje prijenosne moći vodova, kao i najniži gubici energije u mreži, što veoma mnogo utječe na ekonomičnost čitave distributivne mreže kao cjeline.

Drugi je zahtjev postavljanje transformatorske stanice na pristupačno mjesto uz slobodan i lak prilaz vozila u svako doba, da se omogući što lakša i brža izmjena transformatora, i ostalih u pogonu oštećenih elemenata. Ovime se, za ljudstvo koje uzdržava transformatorske stanice, postiže lakoća rada na izmjeni, a za potrošače najkraći prekidi dobave energije. Ovo pak pored utjecaja na ekonomičnost distribucije, znatno utječe na raspoloženje i osjećaj sigurnosti potrošača, kao i na njihovo povjerenje u upotrebnu vrijednost električne energije.



Slika 1

Nadalje je poželjno samu zgradu stanice orijentirati tako, da su joj ulazi, a posebno otvori za hlađenje, okrenuti prema sjeveru, odnosno nepristupačni utjecaju sunca tokom dana, kako bi hlađenje transformatora bilo što djelotvornije.

S obzirom na gornje zahtjeve razmotrit ćemo prednosti i mane dviju najviše upotrebljavanih vrsta stanica.

Slobodno postavljene transformatorske stanice

Veoma prikladna i u praksi mnogo upotrebljavana je slobodno postavljena transformatorska stanica mon-

tirana u posebnoj građevini izvedenoj upravo za tu svrhu. Ova stanica pruža mogućnost projektantu najsvrsishodnije, najracionalnije i najprikladnije dispozicije postrojenja. Time se postiže ne samo ekonomična, nego pogonski sigurna i pregledna stanica, što olakšava i pojeftinjuje njeno uzdržavanje u toku pogona. Svedena na što je moguće manje dimenzije povećava svoju rentabilnost, a time što se može upotrebljavati kao tipska stanica pojedinih mreža olakšava projektiranje, ubrzava i pojeftinjuje izgradnju, te pojednostavnjuje uzdržavanje.

U pogledu lokacije s obzirom na konzum povoljna je, jer se može postaviti točno u težište konzumnog područja uz najpovoljniji rasplet mreže, što ima za posljedicu ne samo jeftiniju gradnju mreže, nego i najmanje gubitke u toku pogona, uz maksimalno iskorištenje prijenosne moći kabela.

Unatoč svim ovim prednostima, primjena slobodno postavljenih transformatorskih stanica nailazi na velike poteškoće s urbanističkog stanovišta. Zbog njenog oblika, koji je svrsishodan i radi toga specifičan, obično je urbanisti i arhitekti ne smatraju lijepom, te ne dozvoljavaju da se locira na mjesto, koje, s obzirom na konzum, najbolje odgovara, budući da je na takovom mjestu najčešće dosta uočljiva i prema tome »narušava izgled okoline«. Da ne bi narušila izgled nekog dijela grada, više puta se odobri lokacija na energetski veoma nepovoljnom mjestu, koje time uvjetuje tehnički nepravilno, a financijski veoma skupo rješenje mreže. Ovakav primjer prikazan je na slici 1, iz koje se na prvi pogled vidi vrlo nepovoljna lokacija, zbog koje se većina kabela mora polagati zajedničkom trasom. Udaljavanjem transformatorske stanice iz centra konzuma i od mjesta predložene lokacije produžuju se kabeli za ukupno oko 250 m. Uzmemo li u obzir samo cijenu kabela, nepotrebno je izazvano poskupljenje mreže za iznos cijene građevinskog dijela transformatorske stanice, koji se kreće oko 2 milijuna dinara. Pored toga zajedničkim je polaganjem smanjena prijenosna moć kabela, zbog čega treba ugraditi jedan kabel više, nego što bi bilo potrebno da je stanica locirana na pravom mjestu; gubici distribucije u toku pogona povećani su, što u toku vijeka trajanja transformatorske stanice uzrokuje značajne troškove, i izaziva daljnje povećanje početne investicije raspleta mreže.

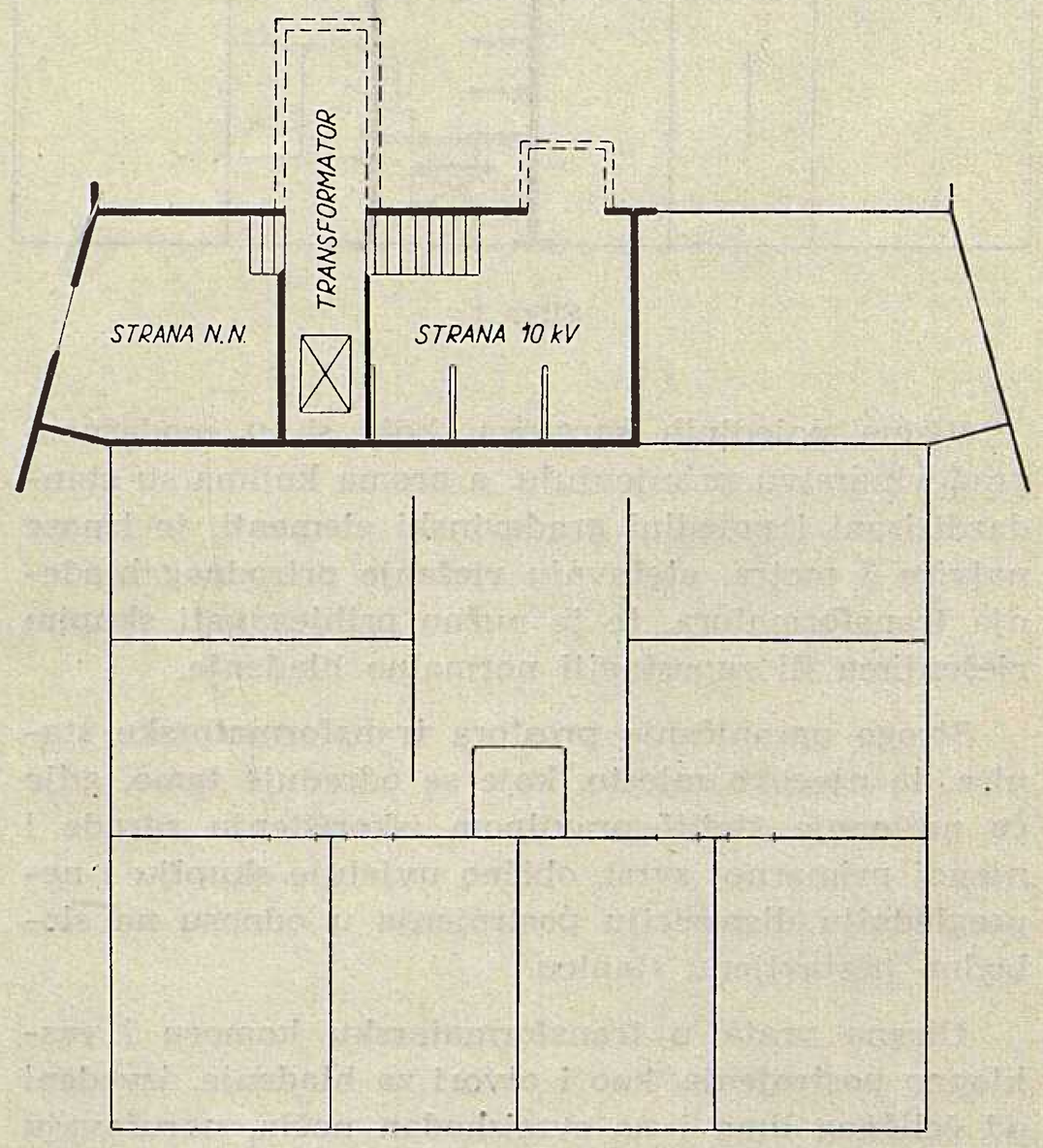
Estetski izgled i oblikovanje pojedinih naselja i grada kao cjeline, zauzima, bez sumnje veoma važno mjesto u toku gradnje i rekonstrukcija. Prilikom planiranja neophodno je, međutim, voditi računa i o svim pratećim objektima, koji su nužni u sklopu ovih naselja, a da bi ona mogla normalno postojati, kao na primjer: transformatorske stanice, garaže, različite prodavaonice, objekti društvenog života i razonode i slično. Svi ovi objekti, već po svojoj namjeni, imaju i specifičan oblik, uvjetovan funkcionalnošću. Ako je taj oblik arhitektonski dovoljno dotjeran, iako u biti obilježen namijenjenom funkcijom, te se radi toga na prvi pogled prepoznaje, može se bez daljnjega ukomponirati u svoju okolinu upravo na mjestu, koje mu funkcionalno najbolje odgovara bez narušavanja lijepog izgleda tog dijela grada.

Udaljavanje ovakovih objekata, a naročito transformatorskih stanica, koje se pojavljuju na razmacima od oko 400 do 500 metara, s lokacija koje im tehnički i ekonomski najbolje odgovaraju, te zbog toga veliko povećanje troškova izgradnje, a sve u cilju da se ne naruši izgled naselja, nije dovoljno opravdano. Neminovno se nameće potreba optimalnog rješenja, pri čemu prvenstveno treba uzimati u obzir funkcionalnost, veličinu početne investicije, te povećanje troškova uzdržavanja i gubitaka u toku vijeka trajanja, pa makar i na uštrb izgleda naselja, tim više što je to relativan pojam, ovisan o ukusima pojedinaca.

Prema tome odobrenje pravilne lokacije ovih stanica ne bi smio biti nerješiv problem, tim više, jer ga često puta može riješiti jedno ili dva drveta ispred stanice.

Ugrađene transformatorske stanice

U pogledu lokacije, a s obzirom na mogućnost kamuflaže, transformatorske stanice ugrađene u stambene ili druge objekte izgledaju znatno povoljnije od



Slika 2

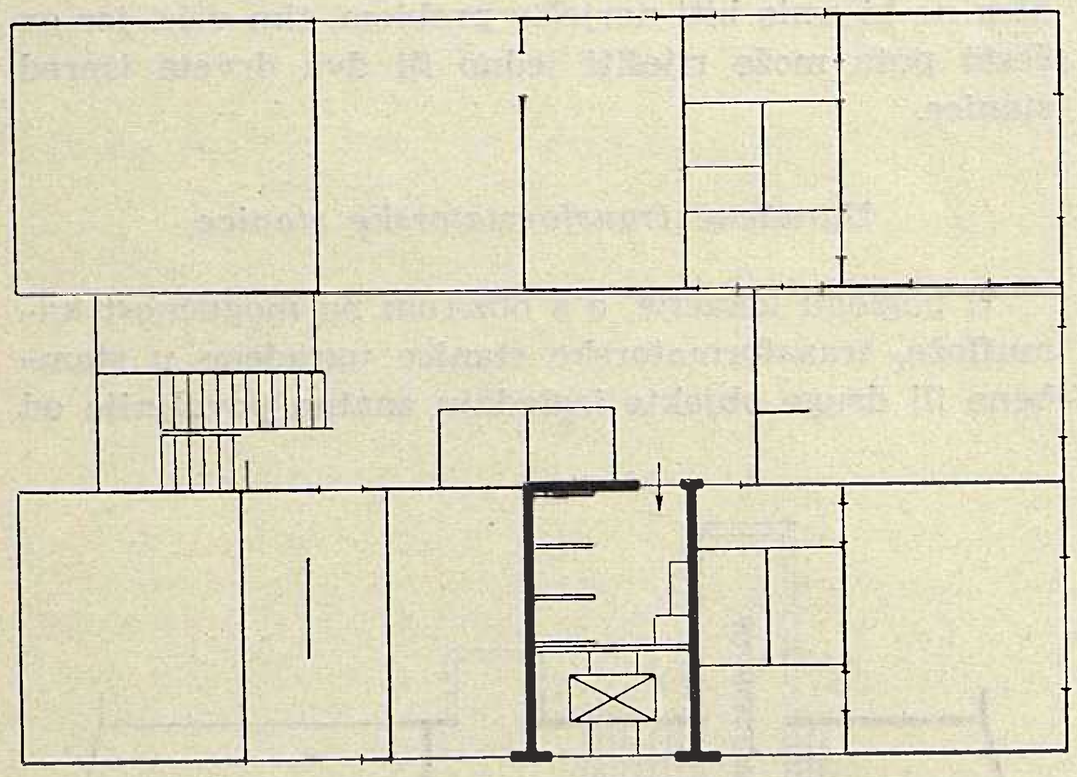
slobodno postavljenih. Kada se, međutim, pristupi razradi projekta ovakve stanice, nailazi se na čitav niz ozbiljnih poteškoća i problema, koje obično nije moguće riješiti na zadovoljavajući način.

Suvremene gradske mreže za normalnu transformatorsku jedinicu zahtijevaju snage od 400 do 500 kVA. Ovakav transformator sa svim pripadajućim elementima montiran na propisan način zauzima znatan prostor, koji je obično veoma teško pronaći u tlocrtu zgrade, a da bi zadovoljio sve uvjete propisne i pogonski sigurne transformatorske stanice. Ne može se montirati u bilo kakvom neiskorištenom pro-

storu, kao što je to nekada bilo, npr. pod stepeništem, kada su snage transformatora u mrežama bile oko 25 — 30 kVA.

Sa stanovišta elektrotehničara obično je najprikladnije mjesto za transformatorsku stanicu na jednom uglu zgrade, jer se time najpovoljnije rješava pristup stanici i ulaz u nju, kao i rasplet vodova. Taj položaj, nasuprot, arhitekt obično veoma teško prihvaća, s obzirom na racionalno korištenje prizemlja.

Kompromisna rješenja imaju loše posljedice i za jednog i za drugog, kako se vidi iz priloženih slika.



Slika 3

Visine pojedinih spratova, koje se u modernom građevinarstvu primjenjuju, a prema kojima su standardizirani i pojedini građevinski elementi, te iznose najviše 3 metra, otežavaju rješenje prirodnog hlađenja transformatora, te je nužno pribjegavati skupim rješenjima ili zapostaviti normalno hlađenje.

Strogo ograničenje prostora transformatorske stanice, te njegovo mjesto, koje se određuje tamo, gdje će najmanje štetiti pravilnom iskorištenju zgrade i njenoj primarnoj svrsi, obično uvjetuje skuplju i nepregledniju dispoziciju postrojenja u odnosu na slobodno postavljenu stanicu.

Ulazna vrata u transformatorsku komoru i rasklopno postrojenje, kao i otvori za hlađenje, izvedeni od čeličnog lima i na svrsishodan način, narušavaju sklad i izgled fasade zgrade.

Budući da je prostor stanice sastavni dio stambene zgrade, obično ne ulazi u osnovna sredstva distributivnog poduzeća kao građevinski dio transformatorske stanice, što ima loše posljedice u pogledu amortizacije. Kućni pak savjeti naknadno zahtijevaju visoku najamninu, što stanicu poskupljuje u odnosu na slobodno postavljenu.

U toku pogona dolazi ponekad do različitih pogonskih neugodnosti kao npr. do eksplozije osigurača, ili se dogodi slučaj da iz bilo kojeg razloga dođe do dimljenja kroz otvore stanice. Transformator normalno zuji, što je nemoguće ili vrlo skupo potpuno eliminirati, pa sve to stvara paniku. Radi toga stanari i kućni savjeti neprestano protestiraju distributivnom poduzeću, te zahtijevaju, čak i preko vlasti, iselenje stanice iz njihove zgrade, što se tada više ne može provesti.

Uzevši sve ove poteškoće i nedostatke, proizlazi da je stanica ugrađena u stambenu zgradu ne samo neugodnija, neprikladnija i pogonski kompliciranija, nego i skuplja u odnosu na slobodno postavljenu, kojoj je jedini prigovor da narušava izgled svoje okoline. U iznimnim slučajevima, kada se radi o interpolaciji pojedinih stanica u izgrađenim dijelovima grada, gdje je radi velike gustoće nemoguće pronaći odgovarajući slobodan prostor, dolazi u obzir ugrađena stanica, ali u starijim zgradama postoje obično i povoljniji uvjeti za njenu ugradnju, kako s obzirom na raspoloživu visinu, tako i na konstrukciju zgrade, koja prigušuje šum transformatora.

Zaključak

1. S obzirom na upotrebnu vrijednost električne energije u svakodnevnom životu, distributivne električne mreže su važan organski sastavni dio gradova i naselja, a transformatorske stanice su njihove pojne točke, te se radi toga pojavljuju kao neophodno potrebni objekti unutar pojedinih naselja i gradova.

2. Zahvaljujući velikom stepenu elektrificiranosti, nameće se potreba izgradnje velikog broja transformatorskih stanica s relativno malim međusobnim razmacima.

3. Racionalna konfiguracija mreže zahtijeva izgradnju stanica u centru svog konzumnog područja, a time, uzevši u obzir gustoću stanica, njihova je lokacija često dosta složen problem.

4. Slobodno postavljene transformatorske stanice u tehničkom i ekonomskom pogledu znatno su povoljnije od ugrađenih, te ih prema tome treba predvidjeti u naseljima.

5. Prilikom određivanja lokacije stanice, prvenstveno treba voditi računa o funkcionalnosti, početnoj investiciji i troškovima u toku vijeka trajanja stanice, te birati optimalno rješenje kompromisno s urbanističkim stručnjacima, pa makar i na uštrb estetskog izgleda naselja, koji nikada neće biti tako oštećen, da bi opravdao veliko poskupljenje i loše rješenje lokacije stanice pomičući je izvan težišta konzuma.

6. U starijim gusto izgrađenim dijelovima grada, gdje je nemoguće pronaći odgovarajući slobodan prostor za slobodno stojeću stanicu, dolazi u obzir ugrađena stanica, za koju u zgradama starije konstrukcije obično postoje i povoljni uvjeti smještaja.

Naslov pisca: Ing. Ante Primožić, »Elektroprimorje«, Rijeka

Dionica voda 220 kV Vinodol — Rijeka

Dne 1. studenoga 1962. stavljen je u pogon novi dalekovod između hidroelektrane Vinodol i transformatorske stanice 110/30 kV Matulji, koji je građen tako, da može prijeći na rad sa 220 kV. U ovom je članku ukratko prikazana gradnja tog dalekovoda i navedeni su podaci o samom vodu i o gradnji.

Skoro čitavo područje Istre, te grad Rijeka sa svojom razvijenom industrijom, napaja se danas uglavnom preko jednog dalekovoda 110 kV Vinodol–Matulji (vodiči Cu 150 mm²). Drugi vod, kojim je ovo područje vezano s mrežom 110 kV, Divača–Matulji, malog je presjeka (vodiči Cu 80 mm²) i mala je mogućnost dopreme energije iz područja Divače. Preko zime Slovenija tim vodom još i uzima energiju.

Opterećenje Istre i Rijeke doseglo je već vrijednost od 70 MVA. Na dalekovodu Vinodol–Rijeka nije se mogao vršiti remont, jer ga nije bilo moguće izbaciti iz pogona i tako je sigurnost opskrbe energijom ovog područja bila ugrožena, pa je trebalo misliti na pojačavanje veze. Pored toga došlo je do pregovora s Italijom o izvozu električne energije iz Jugoslavije te je pred kratko vrijeme potpisan i ugovor kojim je predviđena isporuka od oko 50 milijuna kWh u roku od 1. 11. 1962. do 1. 5. 1963. Da bi se isporuka energije osigurala, nužno je bilo pojačati prijenosnu moć na potezu Vinodol–Matulji, jer je on bio grlo u prijenosu energije čitavog ovog širokog područja.

Kako je dalekovod 110 kV Vinodol–Matavulji građen za dvije trojke nametala se, kao normalno rješenje ovog grla, montaža druge trojke na postojeći dalekovod. Nažalost to rješenje nije bilo moguće, jer bi trebalo vod na dulje vremena izbaciti iz pogona. To naročito zato što je vod, projektiran pred deset godina bez mjerenih podataka o brzinama vjetra, proračunan za predviđeni pritisak vjetra od 90 kg/m², dok je kasnijim anemografskim mjerenjima ustanovljeno, da su brzine znatno veće od predviđenih te bi dalekovod trebalo i pojačati. Kao jedino rješenje preostala je dakle gradnja novog dalekovoda.

Porast konzuma u istarsko-riječkom području prilično je velik a vjerojatno je da će se i stanoviti broj daljnjih godina držati visoko. To znači, da će za relativno kratko vrijeme i kapacitet dvaju vodova za ovo opterećenje biti premalen pogotovo kad se uzme u obzir, da se i područje Divače sve više javlja kao potrošač energije. Ljubljansko područje Slovenije također predstavlja konzum, koji će u nedalekoj budućnosti tražiti prijenos energije sa 220 kV, a priključak ovog područja najpovoljniji je također preko Rijeke na HE Senj odnosno RS 220 kV Brinje.

Sve ovo ukazuje da će za osiguranje energije području zapadno od Rijeke biti uskoro potreban prijenos s naponom 220 kV, te da je korisno novi vod graditi kao dionicu budućeg dalekovoda 220 kV s tim, da se ona u prvoj etapi priključi na napon 110 kV. Ovdje se može napomenuti, da je tokom pregovora s Italijom sa obje strane pokazana želja da se ugovor o izvozu energije proširi na duže razdoblje i na veće količine energije, što bi također zahtijevalo veću mogućnost prijenosa prema zapadnim krajevima zemlje.

Novi vod dakle predstavlja prvu etapu mreže 220 kV u ovom području s tim da će on u prvoj etapi ukloniti grlo u mreži 110 kV, osigurati energiju za istarsko-riječko područje i za ugovoreni izvoz u Italju, omogućiti rekonstrukciju postojećeg dalekovoda Vinodol—Matulji te montažu druge trojke. Nakon toga moći će se uklopiti u buduću mrežu 220 kV bez dodatnih troškova, jer vodovi 220 kV iz HE Senj prema Rijeci i Ljubljani, odnosno Trstu, moraju prolaziti područjem između Vinodola i Matulja.

Dalekovod je građen kao vod 220 kV od tačke oko 2 km zapadno od HE Vinodol do oko 600 m sjeverno od TS 110/30 kV Matulji tj. u duljini od oko 31 km, jer se na čitavom tom potezu nalazi na trasi budućeg dalekovoda 220 kV.

Za priključak na HE Vinodol, koji je dug oko 2 km, iskorišteni su stupovi postojećeg dalekovoda tako da je na njih montirana druga trojka. Između novog i starog dalekovoda ubačen je samo jedan drveni stup, a izrađen je i novi krajnji stup pred rasklopnim postrojenjem. Na taj način izbjegnuti su troškovi provizornog priključka, jer je skoro sve što je izvedeno prvi dio druge trojke koja će se uskoro ipak morati montirati. Međutim ovaj rad na postojećem dalekovodu predstavljao je kod gradnje prilične poteškoće s obzirom na vrlo kratak rok u kojem je trebalo izgraditi novi dalekovod.

Prvi dalekovod Vinodol—Rijeka bio je projektiran za bakrene vodiče presjeka 150 mm². Danas više nije moguće montirati takve vodiče, jer to nije ni dozvoljeno, a i cijena im je nerazmjerno visoka, pa je trebalo prijeći na vodiče od alučela. Odabran je vodič koji i električki i mehanički najbolje odgovara bakrenim vodičima tj. alče uže presjeka 170/40 mm². Takav vodič bit će kasnije montiran na čitavom vodu (2. trojka). Međutim, postojeći bakreni vodiči bili su montirani na obje gornje i jednu srednju konzolu. Pošto se smatralo da bakrene vodiče, koji imaju manji otklon, treba postaviti na stranu s koje puše bura, bilo je potrebno prije montaže nove trojke premjestiti dvije faze bakrenih vodiča s jedne na drugu stranu stupa, što je još produljilo radove na postojećem vodu.

Na drugoj strani, kod TS Matulji, izgrađen je provizorni priključak dužine oko 900 m preko kojega je vod priključen na polje predviđeno također za drugu trojku Vinodol–Matulji (tako da su i oba polja za ovu trojku već opremljena). Za priključak upotrebljena su četiri čelična stupa koji će se kasnije moći upotrijebiti kod gradnje drugih vodova. Vodiči su isti kao priključak na HE Vinodol.

Trasa dalekovoda prolazi područjem koje je prilično usko ograničeno i gusto naseljeno, a poseban problem predstavljali su vodovi elektroveze. Uprkos nastojanju da se trasa po mogućnosti udalji od vodova veze nije bilo moguće izbjeći potrebu premještanja tih veza na dužim potezima. Kod izbora trase vodilo se računa, da se ne onemogući gradnja još jednog dalekovoda za koji se očekuje da će u budućnosti biti potreban i da će morati prolaziti ovim područjem. U klimatskom pogledu trasa je prilično nepovoljna, jer se čitava nalazi u području jakog vjetra (bura) te je na oko 40 % svoje dužine dalekovod morao biti dimenzioniran za pritisak vjetra od 110 kg/m², a oko 60 % za pritisak od 130 kg/m². Klimatski najnepovoljnije točke na trasi su područje Škrljeva, (gdje su udarci bure otprilike jednaki onima u Senju) i na prijelazu Rječine. Pri izboru trase nastojalo se, koliko je bilo moguće, koristiti prirodne zaklone od udaraca vjetra čime se povećava sigurnost voda.

Elementi dalekovoda su uglavnom jednaki kao i na većini naših vodova 220 kV.

Stupovi su čelične rešetkaste konstrukcije iz profilnog čelika, oblika »jela«. Zaštita konstrukcije od korozije izvedena je cinčanjem. Tlocrtni oblik nosnih stupova je pravokutnik, a zateznih stupova kvadrat. Temelji svih stupova su raščlanjeni tj. svaka noga stupa ima svoj posebni temeljni blok. Vodiči su od alučelnog užeta presjeka 360/57 mm², a zaštitno uže od pocinčanog čelika ispitne čvrstoće 120 kg/mm² presjeka 95 mm². Izolatori su porculanski kapasti K 170/280, a ovjesni i spojni materijal proizvodnje »Salvi« iz Milana. Osim ovjesnog i spojnog materijala, koji je uvezen, sav je ostali materijal domaće proizvodnje.

Dionica 220 kV ima ukupno 91 stup od čega 71 nosni i 20 komada zateznih. Prosječni raspon iznosi 340 m. Najveći raspon, na prijelazu Rječine, ima 672 m.

Količina radova i glavnih materijala za gradnju ove dionice bili su slijedeći:

Vrst rada i materijala	Jedinica mjere	Na 1 km voda	Ukupno
Iskop za temelje stupova	m³	44,2	1356
Beton za temelje stupova	m³	33,1	1013
Celik za stupove	t	15,0	477
Alučel 360 mm²	t	4,7	143
Zaštitno uže 95 mm²	t	0.8	24
Izolatori	kom	221	6500

U vezi ugovora o izvozu električne energije dalekovod je morao biti stavljen u pogon 1. studenoga. Međutim zbog neriješenih problema oko financiranja investitor dalekovoda »Elektroprenos« Zagreb imao je velikih poteškoća koje još uvijek nisu riješene, iako je vod već u pogonu, a zahtjev za zajam je bio pravovremeno predan (4. svibnja). Zbog ovih poteškoća prikupljanje ponuda za izvedbu dalekovoda moglo se izvršiti tek u drugoj polovici kolovoza tako, da je za gradnju dalekovoda preostalo tek oko dva mjeseca. Ipak je uspjelo vod na vrijeme staviti u pogon. Radovi, nužni za pogon dovršeni su u noći 31. listopada, a istog dana je obavljen i tehnički pregled dalekovoda, tako da je 1. studenoga oko 7 sati vod bio u pogonu. Rad na uzemljenju stupova (dovršeno je uzemljenje stupova uz naseljena mjesta) te ostali završeni radovi nastavljeni su dalje, te će biti uskoro dovršeni. Isto tako nije dovršeno izmicanje i zaštita svih linija veze te kabeliranje niskonaponskih mreža na križanju s dalekovodom.

Dalekovod je mogao biti dovršen za ovako kratko vrijeme jer je – pored povoljnih vremenskih prilika, posljednjih nekoliko dana – investitorsko poduzeće, usprkos teškoćama, uspjelo nabaviti sav potreban materijal i ostvariti sve ostale uvjete potrebne da se rad može dobro organizirati. Na kraju uspjehu je znatno doprineslo maksimalno zalaganje izvođača: poduzeća »Dalekovod«, Zagreb.

Prilikom gradnje ovog voda trebalo je savladati razne poteškoće od kojih ćemo neke ovdje nabrojiti.

Ovjesni i spojni materijal, naručen od firme »Salvi« iz Milana nije mogao biti na vrijeme isporučen jer je u tvornici izbio štrajk. Morao se upotrijebiti materijal s voda Mraclin—Kidričevo koji je također u gradnji i kojemu će se vratiti materijal, naručen za vod Vinodol–Rijeka.

Kod preuzimanja izolatora ustanovljeno je da ne zadovoljavaju propise pa je i na izolatore trebalo čekati i prebacivati izolatore s gradilišta drugih vodova.

Rad na postojećem dalekovodu Vinodol–Matulji trebalo je obavljati uglavnom samo nedjeljama. Dalekovod prelazi i željezničku prugu Zagreb–Rijeka, koja je elektrificirana te su se radovi na križanju mogli obavljati samo po par sati dnevno da se ne obustavi željeznički promet. Pored toga, dalekovod prolazi širim područjem velikog grada (Rijeke) i ima mnogo križanja s vodovima od 30 kV na niže i s linijama za vezu, pa nije bilo lako omogućiti da se radovi na vodu nastavljaju nesmetano.

Na kraju treba spomenuti i onih nekoliko zadnjih dana, kad su vremenske prilike bile gotovo nepodnošljive za rad (veoma jaki vjetar i kiša), a ipak se je moralo raditi po čitav dan. To je tražilo izvanredan napor svih radnika pogotovo onih, koji su radili na stupovima.

Ovakav rad, koji nesumnjivo predstavlja vrlo velik uspjeh kako investitorskog tako i izvađačkog poduzeća, treba ipak nastojati izbjeći osiguranjem pravovremenog početka gradnje da se izbjegnu njegove negativne posljedice, jer on poskupljuje izgradnju, umanjuje kvalitet radova, ometa normalne radove na drugim objektima, a traži izvanredne napore od ljudi koji u takvom radu sudjeluju.

Nakon puštanja u pogon ove dionice sa 110 kV započet će se pripremama za montažu druge trojke na prvom dalekovodu Vinodol–Matulji, a produženje voda 220 kV s jedne strane do HE Senj odnosno RS 220 kV Brinje, a s druge do konzumnog centra bit će moguće, čim to zbog porasta potrošnje bude potrebno.

Ing. Vjekoslav Mrša

Zaštita pri radu na elektroenergetskim postrojenjima

Na razvoj, pravilan i ekonomičan rad poduzeća svih privrednih djelatnosti kao i na podizanje životnog standarda uopće, osnovni utjecaj ima električna energija. Njena važnost iziskuje ispravnost i sposobnost elektroenergetskih uređaja i postrojenja u poduzećima za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, naročitu stručnost kadrova, te upućenost i veliku koncentraciju pri radu. Pored toga korištenje električne energije uslovljava kontinuiran i intenzivan rad na proširenju, uzdržavanju i njezi elektroenergetskih postrojenja, koja moraju biti uvijek u stanju da udovolje potrebama potrošača u toku njihovog proizvodnog procesa i svakodnevnih njihovih potreba.

Rad na uređajima i postrojenjima elektroprivrednih poduzeća predstavlja, međutim, naročitu opasnost za ljude i imovinu, pa je potrebna striktna primjena svih sigurnosnih i tehničkih propisa pri radu. Najmanji propust u stručnom izvođenju radova, u primjeni zaštitnih mjera, u upotrebi zaštitnih sredstava, kako u odnosu na rad zaposlenih lica, tako i u odnosu na treća lica i imovinu u većini slučajeva prouzrokuje tjelesne ozlijede, veliku imovinsku štetu, pa čak i smrt.

Takova privredna važnost i opasnost pri radu u svim elektroprivrednim djelatnostima, možda više nego u ijednoj drugoj grani privrede, iziskuje stalan nadzor i kontrolu rada postrojenja i ljudi. Naravno da je pri tom najosnovnije, da radno osoblje detaljno pozna uređaje, da se radovi izvode pod stručnim nadzorom s detaljno razrađenim uputama o primjeni zaštite, te najveća koncentracija bez omalovažavanja ili potcjenjivanja i najobičnijeg posla.

Izvršenom analizom u poduzećima za distribuciju i prijenos električne energije u Hrvatskoj, nesretni slučajevi u 1960. i 1961. iziskuju naročitu pažnju.

U *poduzećima za distribuciju električne energije* na 5161 uposlenog radnika u 1960. bilo je 485 nesretnih slučajeva pri radu, odnosno 9,5 % od broja uposlenih radnika. Od toga je bilo 13 smrtnih slučajeva.

U godini 1961. broj nesretnih slučajeva iznosio je 405 na 5451 uposlenog radnika odnosno 7,5 % od broja uposlenih radnika. Od toga je bilo 7 smrtnih slučajeva.

U *elektroprijenosnim poduzećima* na 365 zaposlenih radnika u 1960. bio je 21 nesretni slučaj pri radu, odnosno 5,7 % od ukupnog broja zaposlenih radnika, a u 1961. stradalo je 18 radnika od 367 zaposlenih odnosno 4,9 % od ukupno zaposlenih.

Ukupno su distribucija i prijenos na 5526 radnika u 1960. imali 506 nesretnih slučajeva odnosno 9,1 % od ukupnog broja radnika, a u 1961. od ukupnog broja od 5818 radnika bila su 423 nesretna slučaja ili 7,2 %. Ako se kod toga uzme da je kod nesretnih slučajeva u 1960. godini bilo 15, a u 1961. godini 7 smrtnih, onda broj nesreća svakako zahtijeva iscrpnu analizu uzroka i poduzimanje svih tehničkih i administrativnih mjera za daljnje smanjenje i sprečavanje te žalosne pojave.

Postavlja se pitanje nije li možda uzrok ovako velikog broja nesreća loša organizacija u primjeni mjera sigurnosti, te nedovoljan ili nikakav nadzor, pomanjkanje stručnosti, nepozivanje na odgovornost krivca, ili kaznene sankcije nisu elifasne i sl.

S tim u vezi održao je i Republički odbor sindikata metalskih radnika Hrvatske savjetovanje u Karlovcu 10. VII 1962., kojem su prisustvovali predstavnici svih distributivnih i prijenosnih poduzeća NR Hrvatske, i to baš osobe koje rade na zdravstveno-tehničkoj zaštiti u poduzeću. Na osnovu diskusije je zaključeno:

1. da treba upoznati kolektiv o broju i uzrocima nesreća putem publikacija, predavanja, filmova i sl.;

2. službu zdravstveno-tehničke zaštite u poduzeću treba osposobiti i dati joj veći značaj – specijalno u osposobljavanju kadrova;

3. pooštriti kontrolu nadzora u primjeni zaštitnih mjera i sredstava pri radu;

PREGLED NESRETNIH SLUČAJEVA NA ELEKTROPRIVREDNIM POSTROJENJIMA U 1960. I 1961.

Redni broj	Poduzeće	Broj zaposlenih		Broj nesretnih slučajeva							
				1960.				1961.			
		1960.	1961.	smrt	teški	laki	ukupno	smrt	teški	laki	ukupno
1	Elektra, Bjelovar	124	129	—	1	3	4	—	5	11	16
2	Elektra, Buje	57	59	—	2	3	5	—	—	3	3
3	Eldis, Čakovec	82	75	—	—	5	5	—	2	6	8
4	Elektrojug, Dubrovnik	187	215	—	1	24	25	—	—	23	23
5	Elektrolika, Gospić	46	54	—	2	—	2	1	—	—	1
6	Elektra, Karlovac	170	204	1	7	14	22	2	5	11	18
7	Elektra, Koprivnica	143	166	—	—	14	14	—	—	12	12
8	Elektra, Križ	172	212	1	—	9	10	1	2	13	16
9	Elektroslavonija, Osijek	1005	996	2	1	51	54	—	—	27	27
10	Elektroistra, Pula	329	334	1	—	27	28	1	2	13	16
11	Elektroprimorje, Rijeka	628	695	2	—	58	60	—	—	41	41
12	Elektra, Sisak	125	124	—	—	19	19	—	—	15	15
13	Elektrodalmacija, Split	473	493	2	—	71	73	1	6	71	78
14	Elektr. poduzeće, Šibenik	172	193	—	—	23	23	—	—	20	20
15	Elektra, Varaždin	165	177	1	2	9	12	—	2	9	11
16	Elektra, Zabok	137	149	—	2	20	22	—	1	10	11
17	Elektra, Zadar	154	185	1	2	20	23	1	1	18	20
18	Elektra, Zagreb	992	991	2	2	80	84	—	—	69	69
	Ukupna distribucija	5161	5451	13	22	450	485	7	26	372	405
19	Elektroprenos, Split	143	141	1	—	3	4	—	—	3	3
20	Elektroprenos, Zagreb	222	226	1	2	14	17	—	—	15	15
	Ukupno prijenos	365	267	2	2	17	21	—	—	18	18
	Sveukupno Hrvatska	5526	2818	15	24	467	506	7	26	390	423

4. pooštriti disciplinsku i materijalnu odgovornost, te pokrenuti u težim slučajevima i pitanje krivične odgovornosti za svaki propust u primjeni zaštitnih mjera i sredstava sigurnosti pri radu;

5. razraditi stimulativne oblike nagrađivanja za unapređenje sigurnosti pri radu, a kao osnova zato mogu biti:

a) smanjenje broja izgubljenih radnih sati zbog povreda pri radu;

b) smanjenje troškova naknade za bolovanje zbog povreda pri radu, koje snose privredne organizacije i sl;

6. objediniti, koliko je to god moguće, zaštitna sredstva za ista radna mjesta.

Ovaj kratki prikaz svakako ukazuje na ozbiljnost zaštite pri radu na elektroprivrednim postrojenjima kao i zaštite ljudi i imovine uopće.

Smanjenju nesreća mnogo bi pomoglo, kada bi se, pored naprijed iznijetih mjera, pristupilo i jednoj široj publikaciji o pravilnom i korisnom korištenju električne energije. Pored toga trebala bi elektroprivredna poduzeća putem brošura i publikacija upoznavati potrošače o racionalnom, korisnom i sigurnom korištenju energije na svim privrednim područjima (industriji, poljoprivredi, ugostiteljstvu, saobraćaju, javnoj rasvjeti itd.), kao i o upotrebi električnih trošila u kućanstvu. To bi doprinijelo porastu rentabilnosti proizvodnje uopće, porastu standarda, boljeg plasmana električnih trošila, a kroz to i bolji i najpogodniji plasman proizvedene električne energije.

Ovakove brošure i publikacije drugdje su već uhodane (npr. u NR Sloveniji). U Hrvatskoj je ovo pitanje bilo pokrenuto, ali na žalost do danas nije ostvareno.

Vinko Depolo

KONFERENCE

VII Jugoslavenska konferencija ETANA

Jugoslavenski komitet za ETAN organizirao je VII jugoslavensku konferenciju za ETAN od 8. do 10. studenog 1962. u Novom Sadu.

Na savjetovanju je obrađeno 108 radova i to 95 iz naše zemlje, dok su ostali iz inozemstva. Svi su radovi bili na veoma visokom stručnom nivou. Na VII konferenciji prvi put su sa svojim radovima sudjelovali strani stručnjaci iz Poljske, Italije, Francuske, Holandije, Rumunjske i Mađarske. Posebno treba istaknuti da se na ovoj konferenciji povećalo sudjelovanje industrije, koja je iz raznih industrijskih grupa dala 19 stručnih radova. Taj veći interes industrije smatra se značajnim uspjehom Jugoslavenskog komiteta za ETAN.

S najbrojnijim radovima bili su zastupani naši naučni instituti, koji na svojim područjima rada predstavljaju naše najjače ustanove. Sudjelovao i Institut za elektroprivredu Zagreb sa svojim stručnjacima. U komisiji za medicinsku elektroniku član Instituta ing. Ante *Šantić* održao je referat *Domaći elektroencefalograf i neka iskustva u vezi mjerenja bioloških napona.*

Najveći broj radova potječe iz Instituta »Mihajlo Pupin« u Beogradu, a pored toga sudjelovali su Radioindustrija Zagreb (RIZ), Zavodi RR Niš, Zavod za automatizaciju Ljubljana itd.

I. R.

MEĐUNARODNI ZAVOD ZA PATENTE I NORME

Kompletiranje transformatorske stanice 220/110 kV Mraclin

U godini 1962. nastavljeni su radovi na daljnjem kompletiranju TS 220/110 kV Mraclin. Za prvih devet mjeseci utrošeno je ukupno oko 253 milijuna dinara iz Općeg investicionog fonda za dovršenje građevinskih radova, nabavu opreme od domaćih i stranih proizvođača, montažu i druge poslove. Montirane su i ispitane komandne i relejne ploče definitivnog pogona. Dovršenjem ovih radova prestao je provizorij uklopnice. Ploče je isporučila tvornica »Rade Končar«, a montažu je obavilo poduzeće »Dalekovod«.

U poduzeću »Elektroprojekt«, Zagreb projektira se postrojenje sinhronog kompenzatora 50 MVAr, napona 10,5 kV, koji će u 1. tromjesečju 1963. isporučiti talijanska tvornica »Marelli«. Vanjsku montažu obavit će isporučilac, dok će se sam kompenzator priključiti na tercijar transformatora 220/115/10,5 kV.

Montiran je i četvrti jednofazni transformator 220/115/10,5 kV, koji će služiti kao rezerva postojećoj grupi transformatora u pogonu. Tvrtka »Marelli« isporučit će i postrojenje 10 kV u limenim ćelijama vanjske montaže, te autotransformator za stavljanje sinhronog kompenzatora u pogon, elemente uzbudne grupe, kao i uređaje za zaštitu, regulaciju i automatiku. Za ove uređaje utrošit će se oko 300 milijuna dinara, zajedno s montažom, koja će početi u 2. tromjesečju 1963.

Pogonska služba u transformatorskoj stanici Mraclin ne provodi se na klasičan način smjene, nego je usvojen sistem obavezne prisutnosti. U tu svrhu u Mraclinu je u pogonskom bloku izgrađena stambena zgrada s dva komforna stana i jednom garsonijerom za pogonsko osoblje.

Nadalje potpuno su izgrađene pristupne ceste, te vodovodna i kanalizaciona mreža. Uskoro će početi i montaža instalacije vanjske rasvjete po projektima »Elektroprojekta«.

Uspostavljena je VF-veza s transformatorskom stanicom Resnik, dispečerskim centrom, te Siskom, Jajcem i Splitom. U pogonu su daljinska mjerenja na poljima 110 kV i to mjerenje u MW i MVAr prema Jajcu i Splitu, te mjerenje napona u kV prema Splitu. U programu je uspostavljanje UKV-veze s dispečerskim centrom u Ulici proleterskih brigada.

I. R.

Kompenzacija jalove snage u Slavoniji

Konzumno područje Osijek—Slavonski Brod snabdijeva se danas električnom energijom iz dalekovoda 110 kV Doboj—Brod—Osijek, koja se transformira u transformatorskim stanicama 110/30 kV Osijek i Brod. Dužina dalekovoda je oko 130 km, presjeka 210 mm² Alče.

Analizom opterećenja voda 110 kV ustanovljeno je, da je faktor snage loš (0,82—0,85) i da je učešće jalove snage veliko, što osjetno pogoršava i naponske prilike. Poboljšanje faktora snage na tom području je stoga neophodno.

Kompenzacija jalove snage sastoji se u tome, da se kondenzatorima, kao izvorima kapacitivnih struja, djelomično ili potpuno kompenzira reaktivna struja, koju potrošač uzima iz izvora električne energije, a koja mu redovito treba za magnetiziranje strojeva i transformatora. Proizvodnjom kapacitivnih struja na mjestu potrošnje oslobađa se prenošenje tih struja iz izvora električne energije, a time se smanjuju padovi napona i zagrijavanje prijenosnih vodova. To će omogućiti bolje i rentabilnije korištenje tih vodova za prijenos aktivne struje. Zato treba što hitnije izgraditi kompenzaciona postrojenja jalove snage na području Slavonije.

Prema usvojenom programu predviđena je izgradnja takvih postrojenja u slijedećim transformatorskim stanicama:

110/30 kV Slav. Brod	6 MVAr na strani 30 kV
110/30 kV Osijek	6 MVAr na strani 30 kV
30/10 kV Našice	1 MVAr na strani 10 kV
30/10 kV Kneževi Vinogradi	1 MVAr na strani 10 kV
30/10 kV Vinkovci	2 MVAr na strani 10 kV
30/10 kV Vukovar	1 MVAr na strani 10 kV
30/10 kV Požega	1 MVAr na strani 10 kV

Za izgradnju navedenih postrojenja investirat će se oko 241,3 milijuna dinara. Investicione programe već je revidirala reviziona komisija, pa se pristupilo izradi glavnih projekata. Investitor, poduzeće »Elektroprenos« iz Zagreba, prikuplja ponude za isporuku opreme, koju će isporučiti domaći i strani proizvođači.

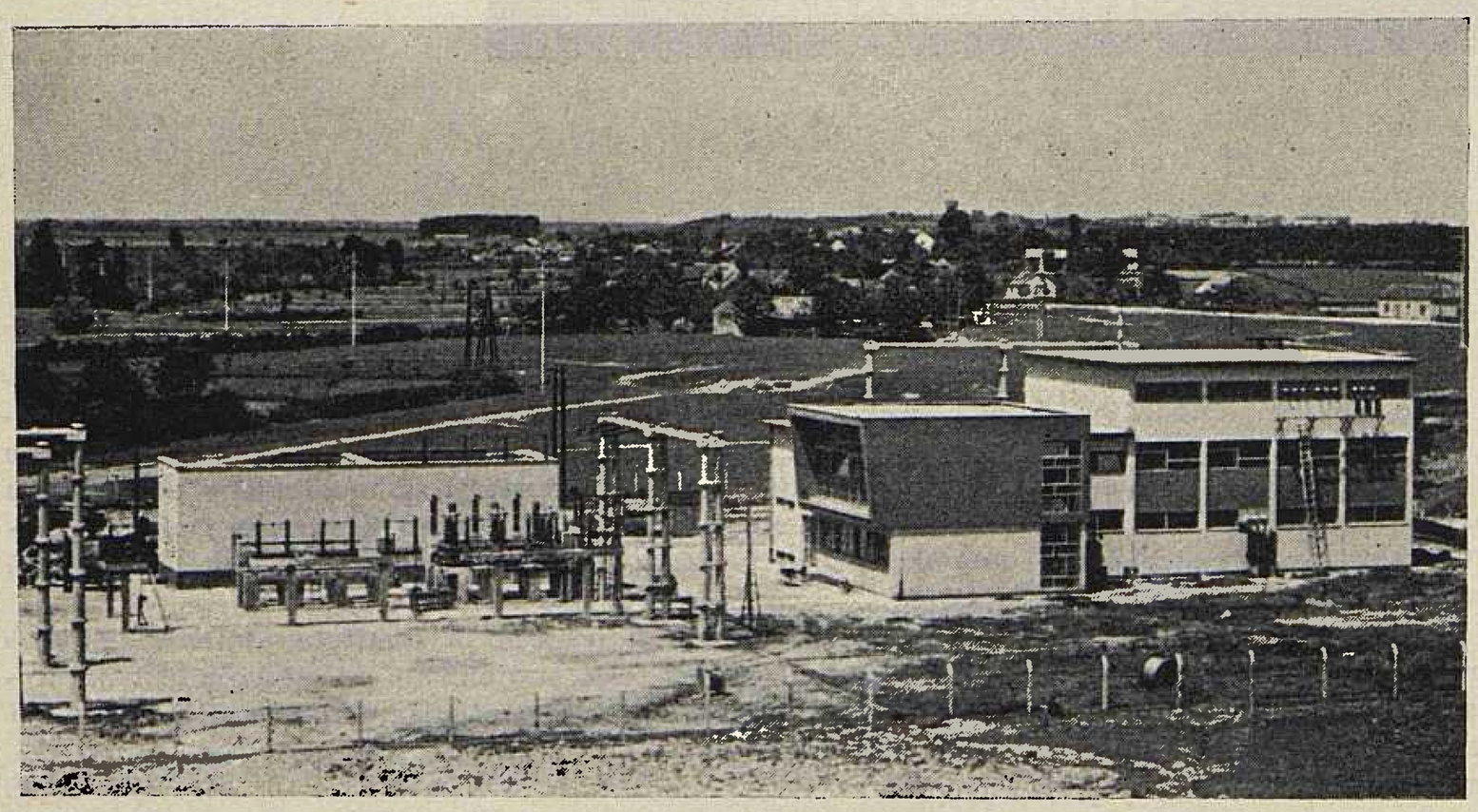
I. R.

Rad »Elektroprojekta« u Egiptu

Republika UAR, odlučila je da izvrši melioraciju područja Wadi el Natroun. To je pustinjski teren površine cca 3000 fedana*, uz cestu Aleksandrija—Kairo, otprilike na pola puta između ta dva grada.

Unatoč velikoj konkurenciji taj je posao povjeren jugoslavenskim izvođačima, ne samo zbog cijene, već i zato što su nudili cijeli projekt, s pripremnim istražnim radovima,

* 1 fedan = 0,42 ha



Transformatorska stanica 110/30 kV Sisak

nacrtima i dobavom cjelokupne opreme i instalacije, u skladu s investitorovim traženjima i specifikacijama. Projektom su obuhvaćena dva područja koja će se natapati izmjenično svakih 8 sati. Za ostvarenje ovog plana buši se 48 dubinskih zdenaca na kojima se grade pumpne stanice, te postavljaju dubinske pumpe na elektromotorni pogon.

Za opskrbu električnom energijom projektirao je »Elektroprojekt«, Zagreb dizelsku elektranu, a za prijenos energije sistem električne mreže visokog i niskog napona, s transformatorskim stanicama. Dizelska elektrana imat će motore »Jugoturbine« direktno spojeno s generatorima tvornice »Rade Končar«. Centrala se morala osigurati uređajima za filtriranje zraka, kako bi se omogućio nesmetan rad i kod pješčanih oluja, koje u ovome području nastupaju u proljeće.

Projekt električne mreže obuhvaća mrežu visokog napona, s 21 transformatorskom stanicom smještenom duž irigacionog područja, te mrežu niskog napona koja spaja transformatorske stanice s pumpnim stanicama.

»Elektroprojekt« vodi kompletno projektiranje elektro-strojarskog dijela cjelokupnog plana, te nadzire izgradnju i montažu svih postrojenja. Nadalje sudjeluje s domaćim egipatskim projektantima građevinskog dijela na izradi građevinskh projekata. To spada u nastojanja, da se stručnjaci te mlade republike što brže osposobe za samostalan rad. Stavljanje u pogon ove centrale predviđalo se za kraj 1962. odnosno početak 1963. godine.

I. R.

Stambena zadruga službenika Instituta za elektroprivredu

Ova zadruga osnovana je 1960, dakle prije nešto više od dvije godine.

Gledajući općenito može se reći da stambeno zadrugarstvo, nije dalo željene rezultate. Uzroke neuspjehu treba tražiti u ekonomskim momentima. Zadruge nemaju dovoljno sredstava, da bi same ugovarale i gradile stanove, nego su orijentirane prema privrednim organizacijama. S druge strane zadrugari, koji su mahom radnici u privredi, nemaju primanja, koja bi im omogućila, da uz normalan životni standard uštede iznos od 800.000 dinara (po novim propisima danas i 2 milijuna dinara) koliko je potrebno za osnovno učešće, da se dođe do stana. Kako cijene dvosobnih stanova od 50 m² iznose oko 4 milijuna dinara, to je otplata zajma, makar on bio dan i pod povoljnim uslovima tj. na rok od 40 godina, još uvijek vrlo visoka i nepristupačna našem radnom čovjeku. To su osnovni razlozi zbog kojih je stambeno zadrugarstvo doživljelo neuspjeh.

Unatoč tome Stambena je zadruga službenika Instituta za elektroprivredu za 2 godine svoga opstanka postigla vrlo lijepe rezultate. Za potrebe zadrugara ugovoreno je 20 stanova, dosad je useljeno osam, dok će za šest mjeseci biti useljivo i ostalih dvanaest. Od ugovorenih stanova 5 je ustupljeno Zajednici elektroprivrednih poduzeća Hrvatske za njihove službenike.

Zadruga je u zajednici s kolektivom i Sindikalnom podružnicom pravo vlasništva i financijske obaveze prenijela na Institut za 15 ugovorenih stanova, i tako nastojala naći najbolje rješenje za svoje članove. Na taj su način zadrugari postali korisnici stanova i plaćaju normalnu stanarinu. Svoj dio vlastitog učešća zadrugari dobivaju vraćen kroz deset godina u obliku smanjene stanarine.

Daljnji izgled rješavanja stambenog problema leže u suradnji zadruge s Institutom. To će se najbolje ostvariti putem sistema pretplate na stanarinsko pravo, gdje će se zajednički angažirati sredstva pojedinih zadrugara sa sredstvima, koja će Institut dati za daljnju izgradnju stanova za članove kolektiva.

I. R.

Proširenje transformatorske stanice 110/30 kV Sisak

Predviđeno je da se u godini 1963. proširi transformatorska stanica 110/30 kV Sisak. U programu je, da se pored postojećeg transformatora od 20 MVA, ugradi još jedan transformator snage 31,5 MVA, i izgradi dalekovodno polje 30 kV Željezara II a zbog rekonstrukcije i proširenja željezare. Dalekovod 30 kV već je izgrađen iz vlastitih sredstava sisačke Željezare. Građevni radovi za proširenje transformatorske stanice izvedeni su u I etapi izgradnje. Transformator i cjelokupnu elektroopremu isporučit će tvornica »Rade Končar«. Ukupne investicije u svrhu nabave opreme u vezi proširenja TS 110/30 kV iznose oko 157,7 milijuna dinara, a bit će osigurane iz investicionih zajmova.

Za potrebe pogonskog osoblja izgradit će se stambeni objekt s dva dvosobna komforna stana i jednom garsonijerom.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

Novi nacrt njemačkih pravila za izolatore za vodove jake struje

Posljednjih se godina sve više upotrebljavaju stakleni izolatori na području visokog i niskog napona, te se stoga ukazala potreba za uvođenje posebnih uvjeta za ispitivanje. IEC ima također posebne preporuke za keramične i posebne za staklene izolatore.

U okviru njemačkih propisa VDE izrađen je u komisiji VDE 0446 novi nacrt »Pravila za izolatore od keramičkih materijala« i stavljen na diskusiju. Kako je to i za nas aktuelno, donosimo primjedbe Eduarda Dichla, predsjednika komisije VDE 0446, objavljene u časopisu »ETZ-A«, br. 18, od 27. 8. 1962. u vezi s novim prijedlogom.

Nova pravila VDE 0446 zadržala su uglavnom oblik kao i dosada, osim što sadrže tablicu, iz koje su vidljiva pojedina ispitivanja. Novi je odsjek V. »Dodatne odredbe za armature izolatora«. Također se odustalo od podjele izolatora na neprobojne i probojne.

Mjesto pojma »srednji prekidni teret« uvodi se »srednja vrijednost prekidnog tereta« kao integrirajuća vrijednost koja označuje prekidni teret određenog tipa izolatora. Dosadašnji pojam »srednja vrijednost prekidnog tereta« sada se jednoznačno definira kao »srednji prekidni teret iz pokusa nasumce«. To je srednja vrijednost, koja se dobiva kod ispitivanja nasumce. Odustalo se od pojma »trajni godišnji teret«.

Kod »Odredbi za proizvodnju« pooštreni su kritriji za dozvoljeno jednostrano odstupanje osovine keramičkog tijela štapnih izolatora.

Kod izolatora za napon iznad 1 kV traži se, da uz oznaku godine proizvodnje imaju označen i period proizvodnje, koji ne treba biti veći od mjesec dana.

U posebnoj tablici dan je redoslijed ispitivanja i potreban broj izolatora za pojedina ispitivanja. Ako treće ponovno ispitivanje ne uspije, odluka o odbijanju izolatora prepuštena je inženjeru, koji vrši preuzimanje. Ovo je u skladu s internacionalnim preporukama.

Ispitivanja ultrazvukom uzimaju u obzir sada već višegodišnja iskustva na ovim ispitivanjima i jasnije definiraju zahtjeve prilikom ispitivanja nego dosada.

U novom odsjeku V. »Dodatne odredbe za armature izolatora« ukazano je na pojedinačna zajednička ispitivanja izolacionih tijela i s njima čvrsto spojenih armatura. Ova zajednička ispitivanja traže, da se u odnosnim listovima DIN međusobno usklade navedene vrijednosti pojedinačnih ispitivanja keramičkih i metalnih dijelova.

Ispitivanja na proboj u odsjeku B »Ispitivanja nasumce« razlikuju se od dosadašnjih pravila u tome, da će se u prvom redu tipovi izolatora podvrgnuti naponskom ispitivanju s

udarnim naponom u zraku. Ako ovo ispitivanje nije moguće provesti, to je dosadašnje ispitivanje probojnog napona s izmjeničnim naponom u ulju u buduće dopušteno samo kao nadomjestak. Za ovo ispitivanje u ulju dovoljno je u buduće dokazati 1,3-struku srednju vrijednost preskočnog izmjeničnog napona izolatora u suhom.

Za električna ispitivanja prema paragrafima 22 i 23 traži se dokaz za nazivni izdrživi napon kako za izmjenični napon tako i za udarni napon prema VDE 0111. Preskočni izmjenični napon i preskočni udarni napon mogu se sporazumno utvrditi. Za provođenje ovih mjerenja mjerodavan je 2. dio propisa VDE 0433. Kako su »Smjernice za proizvodnju i primjenu udarnih napona i udarnih struja u mjerne svrhe«, VDE 0433, 3. dio, još u obradi, to su dosadašnji rezultati o tome uzeti u obzir u paragrafima 22 i 23.

U odsjeku D »Uzimanje u obzir stanja zraka kod naponskih ispitivanja« odabran je u paragrafu 24 tekst koji je usklađen s paragrafom 7, iz VDE 0433, dio 2.

U V odsjeku »Dodatne odredbe za armature izolatora« navedene su odredbe za proizvodnju i ispitivanje za kape i batiće, kao i za potpore i slične dijelove za potporne izolatore, koje moraju odgovarati »Smjernicama za armature izolatorskih lanaca za nadzemne vodove jake struje« (VDE 0212). Naročito su izmijenjene odredbe za ispitivanje izolatorskih kapa, koje su prilagođene današnjem stanju tehnike. Budući da je komadno ispitivanje kapa teško provedivo i ekonomski nepovoljno, ovo se ispitivanje nadomještava s komadnim ispitivanjem izolatora prema paragrafu 13. Pri tome se kape podvrgavaju samo komadnom ispitivanju sa vrijednosti, koja je mjerodavna za izolatore. Ovo se olakšanje može dozvoliti, jer se kape kod ispitivanja nasumce podvrgavaju minimalnom prekidnom teretu.

Ing. Karlo Fišer

Ispitna stanica za stupove visokonaponskih vodova

Firma Brown, Boveri & Cie A. G., Mannheim, odjel za gradnju dalekovoda, izgradila je u Mannheim-Neckarau ispitnu stanicu, u kojoj se stupovi za visokonaponske vodove mogu povrgnuti mehaničkim ispitivanjima. To je prva stanica te vrste u Njemačkoj, a sličnih ima zasada u Evropi samo u Engleskoj, Italiji i Švicarskoj. U časopisu »Elektrizitätswirtschaft« br. 17, od 5. 9. 1962. dan je prikaz ove stanice.

Pokusima se utvrđuje sigurnost konstrukcija protiv prevaljivanja, zatim se kod pokusnih opterećenja određuju mehanička naprezanja pojedinih elemenata kao i opterećenja do loma uslijed statičkih i dinamičkih sila. Pokusi se mogu vršiti na objektima prirodne veličine, npr. na konstrucijama od čelika, betona ili drva do visine od 50 m i do širine od 12 m na površini zemlje. Ispitati se mogu dalekovodni stupovi, antenski tornjevi i konstrukcije za bežični prijenos svake vrste, konstrukcije za rasklopne uređaje, kao i užeta i pribor.

Opterećenja se prenose na ispitivani objekat vlačnim užetima, koja idu preko pomoćnih stupova, općenito u horizontalnom smjeru, ili pomoću usidrenja u vertikalnom smjeru. Smještaj obiju pomoćnih stupova omogućuje opterećenje objekta u smjeru voda i okomito na to, na svakoj željenoj visini.

Temelji ispitivane konstrukcije sastoje od armiranog betona. Stupovi se učvršćuju na svornike, koji su ubetonirani u temelj. Na ovaj se način mogu preuzeti sile u ugaonim štapovima do 200 Mp odnosno momenti prevaljivanja veći od 1000 m . Mp (krak × sila). Dimenzije temelja omogućuju nakon odgovorajućih priprema i širinu veću od 12 m.

Opterećenja, koja djeluju na stupove, predstavljena su vlačnim užetima, koja se pokreću pomoću velikog broja vitla s pojedinačnim opterećenjima do 25 Mp. Vitla su ručna ili na električni pogon. Vitla su postavljena iza pomoćnih stupova. Između toga se nalazi zgrada za mjerenje, iz koje se ima potpuni pregled ispitivanih objekata.

U zgradi za mjerenje nalaze se mjerni instrumenti s električnim daljinskim mjerenjem opterećenja i uređaji za pokretanje električnih pogona vitla. 16 od ukupno 30 aparata za mjerenje opterećenja imaju električno daljinsko mjerenje s promjenljivim opsegom mjerenja između 3 i 25 Mp. Ostalo su mjerni štapovi s mjernim trakama za rastezanje. Točnost mjerenja instrumenata odgovara najvećim zahtjevima za ovakva ispitivanja. Za mjerenja naprezanja na kritičnim štapovima i građevnim dijelovima upotrebljavaju se trake za mjerenje s odgovarajućim mjernim uređajima.

Ispitivanja treba da omoguće u buduće ekonomičnije konstrukcije.

F. K.

SVIJET

Švicarska. Mnogo ljudi strada od udara električne struje, iako se primjenjuju sve novije mjere sigurnosti. Prema obavještenjima švicarskog Inspektorata za jaku struju, broj unesrećenih nije malen ni u Švicarskoj, kako se vidi iz naredne tablice.

Godine	Pogonsko osoblje elektrana		Monteri		Ostali		Ukupno		
	ranjeni	poginuli	ranjeni	poginuli	ranjeni	poginuli	ranjeni	poginuli	svega
1960.	—	3	104	11	161	14	265	28	293
1959.	3	1	116	9	147	19	266	29	295
1958.	3	1	137	12	138	15	278	28	306
1957.	3	—	99	5	171	18	273	23	296
1956.	8	2	106	11	132	21	246	34	280
1955.	10	1	105	10	129	11	244	22	266
1954.	7	2	105	9	132	9	244	20	264
1953.	7	1	100	7	117	14	224	22	246
1952.	10	2	102	7	145	14	257	23	280
1951.	14	1	78	6	127	17	219	24	243
Prosjek	7	1	106	9	138	15	251	25	276

Korišćenje zemnog plina u Jugoslaviji. Eksplotatacija zemnog plina u Jugoslaviji iznosi godišnje 69 milijuna m³ [1946. godine samo 8 milijuna m³]. Ispitivanjem istraženih i eksploatacionih bušotina ustanovljeno je da postoje velike rezerve. Predviđa se da će se već ove godine iskoristiti novih 60 milijuna m³ iz vojvođanskih nalazišta [Planišta i Kikinda]. Povećat će se i prerada zemnog plina u tekuće stanje [propan, butan, gazolin]. Proizvodnja propana i butana dostiže već sada oko 93 tisuće tona a gazolina preko 31 tisuću tona. Predviđa se i podizanje novih distributivnih mjesta pa će potrošnja zemnog plina porasti u industriji i širokoj potrošnji.

Kosovski lignit i nova TE Kosovo. Najveći jugoslavenski ugljeni bazen je kosovska visoravan između Lipljana i Vučitrna. Prema proračunu, naslage lignita iznose preko 7 milijardi tona. Poslije rudnika lignita »Kosovo« [Obilić], stavljen je u eksploataciju prvi površinski otkop lignita u Dobrom Selu pa se proizvodnja naglo povećala, zahvaljujući Kombinatu za eksploataciju i obradu kosovskih lignita u Prištini. Postoje realne mogućnosti da taj bazen postane najveći proizvođač ugljena. U prvoj polovici 1962. u kosovskom bazenu je proizvedeno 310.000 tona lignita. Poslije otvaranja prvog površinskog otkopa, eksploatacija lignita bi u drugom polugođu mogla dostići 700.000 tona. Iako je ovaj lignit osrednje kalorične vrijednosti, sasvim je pogodan za korištenje u termoelektranama, domaćinstvu, željeznicama, industriji i za preradu. Najveći potrošač će uskoro postati TE Kosovo I, koja će se kasnije višestruko proširiti.

Elektrificiranost naselja i domaćinstava u Jugoslaviji. Stanje elektrifikacije decembra 1961:

	Elektrificirano	Neelektrificirano	Ukupno	Elektrificiranost %
Naselja FNRJ	16.033	11.845	27.878	57
Domaćinstva				
Srbija	1,150.581	735.116	1,885.697	61
Hrvatska	772.504	386.412	1,158.916	67
Slovenija	395.001	36.598	431.599	92
BiH	240.731	467.464	708.195	34
Makedonija	172.492	83.537	256.029	67
Crna Gora	44.363	47.789	92.152	48
FNRJ	2,775.672	1,756.916	4,532.588	61

Nafta i zemni plin u energetici EEZ. Nagli razvoj privrede zadnjih godina postavlja sve veće zahtjeve na energetiku. S time u vezi je 6 zemalja EEZ (Evropska ekonomska zajednica = The European Economic Community: Belgija, Francuska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, i zapadna Njemačka) razmatralo situaciju svjetske energetike, a posebno razvoj cijena i ulogu nafte i zemnog plina u energetici EEZ. Očekuje se nagli porast potrošnje ovih nosilaca primarne energije u zemljama EEZ. Glavni dobavljači su Venezuela i zemlje Srednjeg istoka (Kuvait, Saudijska Arabija i Iran). SAD na koje otpada oko 40 % svjetske proizvodnje nafte (svjetska proizvodnja 1961 = 1115 milijuna tona) i koje su dosada bile izvoznik nafte, počinju je već ne samo uvoziti nego čak i propisima regulirati njezinu proizvodnju, uvoz i cijene. S obzirom na porast proizvodnje nafte i zemnog plina u SSSR-u može se očekivati da će i ova zemlja izvoziti na evropsko tržište sve dok joj proizvodnja nadmašuje domaću potrošnju. Pored toga ustanovljene su velike rezerve i u naftonosnim poljima sjeverne Afrike. Proizvodnja ovih nalazišta će se predvidivo koristiti u Francuskoj no višak se može očekivati i na tržištima ostalih zemalja EEZ. U vezi uvoza nafte iz zemalja Srednjeg istoka situacija je povoljna, jer ove zemlje trebaju zapadnoevropske proizvode isto toliko koliko i tržište Zapadne Evrope njihovu naftu.

Smatra se, da bi trebalo posvetiti posebnu pažnju strukturi energetike i utvrditi buduću ulogu nafte i zemnog plina. S tim u vezi bi trebalo uvesti i regulaciju cijena na energetskom tržištu, jer postojeći kaos cijena na ovom tržištu onemogućuje postavljanje neke optimalne koncepcije energetske politike za prilike zapadnoevropskog tržišta. Postavlja se i pitanje kako dugo se još može govoriti o konkurentnosti nafte i njezinih proizvoda, naročito o konkurentnosti ulja za loženje. Poznato je, da se cijena ulja za loženje ne formira na temelju vlastitih troškova proizvodnje već se vrednuje kao nusprodukt lakših frakcija destilacije nafte i to nisko, sa svrhom da se s energetskog tržišta istisne kameni ugljen kao energetsko gorivo. Ovu politiku diskriminacije moguće je voditi tako dugo dok se za lakše frakcije destilacije nafte (1. benzin: vrenje 50 – 200° C; 2. petrolej: vrenje cca 150 – 300° C; 3. plinsko ulje: vrenje cca 200 – 330° C) mogu postići više prodajne cijene i dovoljan dobitak za održanje niske cijene ulja za loženje (mazut, pakura).

Racionalizacije u elektroprivredi. Elektroprivreda Zapadne Njemačke posvećuje mnogo pažnje racionalizaciji poslovanja. Na tom području radi se već više godina, pa je stečeno mnogo dragocjenih iskustava. Osposobljen je posebni kadar stručnih ljudi za racionalizacije poslovanja, koji su usavršili metode rada na tom području. Racionalizacije poslovanja se ne vrše sporadično već kontinuirano i planski. Planom se predviđaju vrste racionalizacija i njihove međusobne veze. Za svaku vrstu racionalizacije odabiru se ljudi koji će izraditi projekt. Izrađeni projekt se iznosi na reviziju pred forum stručnjaka odnosnog područja poslovanja. Po izvršenoj reviziji projekt se nadopunjuje ili mijenja. Kad je projekt fiksiran odabiru se stručnjaci i privredna organizacija za pokusnu primjenu projekta. U toku pokusne primjene, projekt se ponovno dotjeruje. Nakon provedbe racionalizacije analiziraju se rezultati pa se tek takvo provjereni projekt smatra sposobnim za definitivno uvođenje u život. Zadnjih godina je samo u gradu Stuttgartu isplaćeno preko 10.000 DM nagrada za racionalizatorske prijedloge. Preko 15 velikih opskrbnih poduzeća stalno izmjenjuje kvantitativne i kvalitativne indikatore izvršenih racionalizacija, koji služe daljnjem dotjerivanju i unapređenju poslovanja.

Proizvodnja nafte u SSSR. U prvi 6 mjeseci 1962. u SSSR-u je proizvedeno 89,3 milijuna tona sirove nafte. Neposredno poslije II svjetskog rata proizvodnja nafte je iznosila tek 19,4 milijuna tona. Već 1940. proizvedeno je bilo 31,1 milijun tona. U 1980. proizvest će se prema planu 710 milijuna tona nafte.

DF

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

R. Rüdenberg: *Elektrische Wanderwellen.* Izdavač Springer-Verlag Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962; 395 strana, format 24 × 16,5 cm. Cijena 75 DM.

Knjiga obrađuje pojave električnih putnih valova na vodovima i namotima, te predstavlja proširenje materije iz dijela C trećeg izdanja vrlo poznate knjige istog autora *Elektrische Schaltvorgänge, izdane 1933.* Dio A i B spomenutog trećeg izdanja, izašao je 1953, a ova je knjiga prema tome drugi svezak četvrtog izdanja.

Knjiga ima 5 dijelova, u kojima se obrađuju valne pojave na homogenim vodovima, sastavljenim vodovima, svitcima, kondenzatorima i namotima transformatora i strojeva, a u posljednjem se poglavlju razmatraju pojave, koje nastaju kod preskoka na iskrištima i udara munje.

U dijelu o homogenim vodovima preinake prema trećem izdanju su neznatne. Kod sastavljenih vodova dodana je obrada pojava vlastite frekvencije trofaznih strujnih krugova kod isklapanja kratkih dozemnih spojeva. Većih promjena nema također ni u poglavlju o svitcima i kondenzatorima. Najveće je proširenje učinjeno kod obrade valnih pojava u namotima transformatora i strojeva. To je i razumljivo, budući da su na tom području u novije vrijeme izvršena opsežna istraživanja i korigirana ranija gledanja. Od nekih dvadesetak strana u trećem izdanju, materija je povećana na preko stotinu strana.

U posljednjem dijelu, koji obrađuje atmosferska pražnjenja dodano je vrlo interesantno poglavlje o udarnim karakteristikama uzemljivača i stupova dalekovoda. Također je dodano poglavlje o čvrstoći izolacije prema udarnim naponima.

Na kraju knjige dan je vrlo bogat popis literature svrstan prema poglavljima u knjizi.

Budući da se u modernoj elektrotehnici, kako kod gradnje transformatora i strojeva, tako i kod nadzemnih vodova i kabela pridaje velika važnost valnim pojavama, knjiga će vrlo dobro poslužiti studentima i praktičarima za njihovo proučavanje. Materija je u prvom redu iznesena pojmovno, dok su za matematsku obradu odabrane jednostavnije metode. Vrlo sistematski raspored materije daje mogućnost lake orijentacije u knjizi i mogućnost da se lako nađe obrada nekog određenog problema.

Ing. B. Markovčić

K. Steinbuch: *Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung.* Springer-Verlag, Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962, 1521 strana, 1295 slika, tvrdi platneni uvez. Cijena 97,50 DM.

Često puta izgleda kao fraza kad se kaže da je današnja tehnika toliko pošla naprijed i da ima toliko novih područja, da se čovjek jedva može snaći. Dovoljno je samo pogledati neku knjigu, koja se bavi nekom specijalnom granom elektrotehnike, da se odmah uvidi kako to nije proizvoljna konstatacija. Knjiga K. Steinbucha, koja raspravlja o obradi informacija, računskim strojevima i ostalim što je u vezi s tim, pisana je u obliku priručnika, a pri tom je još uvijek vrlo opsežna po sadržaju. To se područje elektrotehnike počelo naglo razvijati u godinama poslije rata, kada su se razvili razni elektronski strojevi, strojevi za prevođenje, za praćenje umjetnih satelita i automatsko upravljanje njima.

Obrada informacija kao važno područje suvremene elektrotehnike, dana je vrlo široko u gornjoj knjizi. Knjiga je podijeljena u trinaest poglavlja, a ova na manje zaokružene odsjeke. Iza svakog odsjeka nalazi se iscrpan popis literature, koji može poslužiti pri podrobnijem ulaženju u opisivanu materiju.

U prvom poglavlju dani su osnovni pojmovi o računskim postupcima u elektronskim strojevima, kao i historijski razvoj samih računskih automata; u drugom sastavni elementi sistema za preradu informacija. Treće poglavlje opisuje spojne krugove, četvrto elemente za uskladištenje informacija, peto uređaje za prijem i predaju informacija. Šesto poglavlje raspravlja o specijalnim pretvaračima informacija (sintetički govor i sl.), sedmo o tehnici prijenosa informacija na daljinu, osmo o tehnici regulacije i upravljanja, deveto o tehnici mehaničkog prijenosa informacija otiskanih na karte, vrpce i slično. U desetom su poglavlju opisani čitavi sistemi za preradu informacija, u jedanaestom problemi prognamiranja, u dvanaestom automati učenja (model nervnog sistema) i u trinaestom procesi prerade informacija u ljudima (prijenos informacija između mozga i mišića).

Obrada sadržaja knjige je odlična. Tekst, slike, tablice, grafikoni jasni su i pregledni. U knjizi je surađivalo 47 stručnjaka, što svjedoči o visokom stručnom nivou. Djelo može korisno služiti inženjerima, fizičarima, matematičarima i drugima.

Ing. M. Vujnović

E. Kneller: *Ferromagnetismus.* Springer-Verlag Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962, 792 strane, 603 slike, tvrdi platneni uvez. Cijena 126 DM.

U posljednjih dvadesetak godina u neočekivanoj se mjeri proširilo razumijevanje fizike krutih tijela kao i u tančine razradila međusobna ovisnost strukturnih i magnetskih osobina ovih tijela. Gornja knjiga daje prema današnjem stanju odgovarajući uvod u fizikalne osnove magnetskih svojstava krutih tijela. Po rasporedu sadržaja i načinu njegove obrade odgovara prvenstveno kao udžbenik za studente fizike, poznavanja kovina i elektrotehnike. Ujedno može biti koristan podsjetnik – priručnik, čijom se pomoći mogu služiti i aktivni fizičari i inženjeri koji se interesiraju bitnim problemima magnetizma pri istraživanju, razvoju i proizvodnji novih materijala. U knjizi, koja je pretežno teoretski usmjerena, nalazi se i niz praktičkih i veoma korisnih podataka o magnetskim svojstvima, konstantama, postocima primjesa u komponiranim materijalima, zatim niz tabelarnih i grafičkih prikaza vladanja pojedinih materijala u raznim uvjetima.

Knjiga je podijeljena u devet poglavlja. Unutar svakog se nalaze podaci o monografijama raznih autora (oko 2000). U prvom poglavlju prikazano je magnetsko ponašanje materije (teoretski osnovi, dijamagnetizam, paramagnetizam, feromagnetizam, antiferomagnetizam, ferimagnetizam), u drugom magnetski krug i termodinamički osnovi, u trećem primarna magnetska svojstva (s naročitim osvrtom na spontano magnetiziranje i Crie-ovu tačku, kristalnu anizotropiju i magnetostrikciju), u četvrtom magnetska struktura.

Peto poglavlje obrađuje elementarni proces magnetiziranja, šesto statičku krivulju magnetiziranja (magnetiziranje pojedinih kristala, grupa kristala, remanenciju, koercitivnu silu, početni susceptibilitet, permeabilitet, magnetiziranje u slabim poljima i dr.), sedmo djelovanje izmjeničnih polja, osmo mehanička svojstva i deseto osnovne kvantne teorije.

Obrada teksta, slika, grafikona i tablica odlična je kao i u drugim izdanjima ove izdavačke kuće.

Ing. M. Vujnović

Zbornik radova JUREMA 1962. Uredili I. Miljan i I. Durbešić uz saradnju uredničkog odbora. Kserografirano izdanje Jureme, Zagreb, 1962; 428 strana formata 21 × 30 cm, 340 slika. Cijena broširano Din 5.500.

»Zbornik radova Jurema 1962« sadrži predavanje domaćih stručnjaka i prijevode predavanja stranih stručnjaka, održanih na »VII Jugoslavenskom seminaru za mjerenje, regulaciju i automaciju« od 16. do 21. aprila 1962. u Zagrebu.

Prvi dio »Zbornika« sadrži uvodne riječi predstavnika vlasti znanstvenih ustanova, udruženja itd. održanih prilikom otvorenja seminara. U općem dijelu objavljena su predavanja o ulozi automatizacije u osposobljavanju industrije za izvoz (D. Čalić), o tehnološkim problemima uvođenja automatizacije u industriji FNRJ (D. Strujić), o mjerilima praćenja traumatizma u poduzeću (O. Maček) i o rezultatima psiholoških ispitivanja rada na tekućoj vrpci (D. Stary).

Drugi dio »Zbornika« objavljuje predavanja u kojima su iznesena iskustva i dostignuća s područja mjerne tehnike u pogonima i istraživačkim ustanovama: mjerna pogreška i proračun složene greške (M. Brezinšćak), termodinamika mjerenja temperature (M. Crlenjak), registriranje kratkotrajnih impulsa (M. Hrubik), mjerenje vlažnosti različitih materijala pomoću neutronske termalizacije (J. Pahor), mjerni instrumenti u uređajima za preradu vode (W. Taigner), granice primjene mehaničkih instrumenata za mjerenje dinamičkih pojava (H. Voss), mjerenje *p*H vrijednosti i njegova primjena u industriji (M. R. Hyslop), ispitivanje ultrazvukom u strojogradnji (R. Gerstner), elektroeroziona obrada metala (Z. Kos), teoretsko razmatranje rada i izbora ventila (G. Armin), mjerenje vrlo malih struja (T. Rabuzin), fazno-selektivna detekcija električkih signala (B. Leskovar), analogno-digitalna konverzija (M. Gavrilović), mjerenje izmjeničnih napona digitalnim metodama (M. Vakselj), obrada podataka iz detektora zračenja (M. Konrad).

Treći dio »Zbornika« sadrži predavanja o elementima mjerne i regulacione tehnike, sa stanovišta njihove izvedbe i primjene. Opisano je tranzistorsko servo-pojačalo (J. Satrapa), poluvodički detektori (S. Turk), napredak u osciloskopskoj tehnici (H. Babić), registracioni oscilografi (J. R. Bönisch), generator funkcija (J. Božičević i I. Miljan), generiranje kratkih impulsa (A. Hrisoho, B. Souček), karakteristike magnetskih materijala za magnetska pojačala (V. Bek), primjene magnetskih pojačala u regulaciji (D. Lavicki), jednoanodni excitron (B. Tokić), elektrohidraulički servomotor (B. Kanajet), primjena magnetskih jezgara u izvedbi brojila (M. Dugački).

U posljednjem dijelu prikazana su predavanja koja opisuju regulacione krugove i kompleksnu automatizaciju. Obrađena je slijedeća tematika: sistemi sa samoorganizacijom (B. Makanec), regulacija nuklearnih elektrana (M. Nenadović), metode programiranja analognih računala (S. Bungulac), regulacije debljine trake u valjaonicama (V. Filipović, P. Kokotović), regulacija istosmjernog elektromotora (P. Volkov), programsko upravljanje alatnim strojevima (B. Antunović), servomehanizmi za programsko upravljanje alatnim strojevima (B. Kostić), regulacioni sistemi kontinuiranih tehnoloških procesa (B. Gross), stroj za doziranje (M. Mecken), digitalno reguliranje mješavina (H. Werner), primjena analognog računala u kemijskoj industriji (J. Božičević), mjerni regulacioni sistem u željezarama (H. Schink), rekonstrukcija papirnog stroja (F. Ćorlukić), automatizacija u industriji ulja i masti (H. Schink), automatska regulacija napajanja betatrona (A. Brinšek), kontrola turboagregata u blokovskom spoju (T. Levičnik).

Iz izloženog se vidi, da ovaj Zbornik obuhvaća problematiku sa širokog područja mjerne i regulacione tehnike i kao takav će vrlo korisno poslužiti napretku i izobrazbi naših mladih kadrova na tom području. Zbog toga ga našoj industriji, školama, institutima kao i našim čitaocima toplo preporučamo.

Red.

STATISTIČKI ENERGETSKI IZVJEŠTAJ

ZA MJESECE RUJAN I LISTOPAD 1962.

Proizvodnja i razmjena električne energije NR Hrvatske

Mjeseci	Proizvodnja na generatoru u MWh								Razmjena			Ukupno (7-11)
	Elektrane u sistemu		Industrijske elektrane		Lokalne elektrane		Ukupno		Slovenija	Bosna i Hercegovina	Mađarska	
	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE				
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11. 1961.	134123	6384	1724	16721	160	—	136007	23105	47720	32920	— 12869	227883
12. 1961.	150175	10700	1763	18111	207	—	152545	28811	46443	36663	— 8223	256239
Ukupno 1961.	1087124	245621	13633	203574	2016	1073	1102773	450268	752719	298670	— 74849	2529581
1. 1962.	156511	15433	1884	15663	18	—	158413	31096	44413	23802	— 8265	249459
2. 1962.	167355	17528	1469	15642	18	—	168842	33170	12722	14719	— 416	229037
3. 1962.	243194	11750	1860	16015	—	—	245054	27765	—12797	4485	— 7043	257464
4. 1962.	221072	4821	2262	13600	—	—	223334	18421	—14215	1524	— 2526	226538
5. 1962.	178653	4399	1423	12175	—	—	180076	16574	21674	9095	— 3731	223688
6. 1962.	89419	19757	943	13737	—	—	90362	33494	84848	9863	— 2474	216093
7. 1962.	83384	16278	782	13924	—	—	84166	30202	95756	1400	— 2438	209086
8. 1962.	119138	20028	230	14759	—	—	119368	34787	95257	— 26759	— 5905	216748
9. 1962.	126674	26118	216	18689	—	—	126890	44807	94039	— 38572	— 5416	221748
10. 1962.	113337	43484	195	20947	—	—	113532	64431	70590	— 12870	— 1868	237551
Ukupno 1—10. 1962.	1498737	179596	11264	155151	36	—	1510037	334747	492287	— 13313	— 36346	2287412

Pogonski pokazatelji elektrana NR Hrvatske za mjesece rujan i listopad 1962.

Obilježje elektrana		Naziv elektrane	Raspoloživa snaga MW	Proizvodnja u MWh			Indeks[1]			Iskorišćenje %[2]		Utrošak topline kcal/kWh	
				Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad
a		b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Elektrane u sistemu	HE	Vinodol-Fužine	79,0	2462	13364	100516	11,5	130,2	113,9	9,6	22,8	—	—
		Gojak	48,0	1939	999	150527	277,0	10,1	141,0	5,0	2,7	—	—
		Ozalj	5,1	591	159	17638	149,6	18,7	120,7	13,0	7,0	—	—
		Kraljevac	67,0	—	—	86767	—	—	33,6	—	—	—	—
		Peruća	42,0	12972	3759	100222	157,6	1171,0	100,9	36,0	11,1	—	—
		Split	108,0	101238	90737	902174	573,0	138,5	1083,0	71,5	58,3	—	—
		Manojlovac	20,5	3526	3385	91137	100,7	65,9	111,3	20,4	19,0	—	—
		Jaruga	5,5	755	745	25776	75,8	39,0	90,0	19,4	18,0	—	—
	TE	Zagreb TO	...	—	5310	5310	—	—	—	—	...	—	...
		Zagreb	17,0	—	6119	6119	—	106,1	24,3	—	49,2	—	5650
		Jertovec	36,0	20598	24033	148785	91,1	122,1	87,6	71,8	81,1	4141	4048
		Vlaška	8,0	5118	4736	12356	110,8	131,2	57,8	100,0	90,0	4775	4773
		Rijeka	7,2	—	2799	2799	—	110,3	26,2	—	55,1	—	6089
Industrijske elektrane	TE	Jugovinil, Split	17,4	1440	2612	15641	90,5	103,1	92,8	11,1	20,8	...	...
		Sladorana, Županja	3,6	1295	2570	4245	354,0	98,5	113,4	48,4	99,1	...	...
		Jug. komb., Borovo	6,0	1933	2228	18218	98,7	111,8	102,2	42,8	51,6	...	...
		Željezara, Sisak	5,5	3549	3524	32631	97,5	95,9	96,1	86,6	88,9	...	...

[1]) Indeks u ovoj tablici kao i u svim narednim iskazan je u odnosu na 1961 = 100

[2]) Kod hidroelektrana iskazano je iskorišćenje vode, a kod termoelektrana iskorišćenje raspoloživog kapaciteta

Energetska bilanca NR Hrvatske za mjesece rujan i listopad 1962.

Elementi energetske bilance	Rujan		Listopad		Od početka god.		Indeks 1961 = 100		
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	Rujan	Listopad	Od početka godine
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proizvodnja elektrana u sistemu	152792	53,0	156821	54,8	1678333	62,6	129,4	116,4	162,4
Proizvodnja industrijskih elektrana	18905	6,5	21142	7,4	166415	6,2	95,0	92,2	93,1
Proizvodnja lokalnih elektrana	—	—	—	—	35	0,0	—	—	1,3
Ukupna proizvodnja na generatoru	171697	59,5	177963	62,2	1844784	68,8	124,4	112,8	152,1
Nabava el. en. od susjed. zajednica	116769	40,5	103317	36,2	831399	31,0	119,1	99,9	73,7
Nabava el. en. iz inozemstva	—	---	4631	1,6	5303	0,2	—	202,5	203,3
Ukupno raspoloživa električna energija	288466	100,0	285911	100,0	2681486	100,0	122,1	108,5	115,4
Vlast. potr. elektrana u sistemu	3923	1,3	5283	1,8	33615	1,3	97,4	135,0	104,0
Vl. potr. industr. i lokal. elektrana	1891	0,7	2114	0,7	16645	0,6	94,5	91,5	91,7
Ukupno raspolož. na pragu elek.	282652	98,0	278514	97,5	2631226	98,1	122,7	108,3	114,8
(Dobava industr. elektrana sistemu)	(462)	(0,2)	(527)	(0,2)	(5731)	(0,2)	(127,7)	(127,9)	(89,1)
(Prag elektrana u sistemu)	(266100)	(92,2)	(260013)	(91,0)	(2487151)	(92,7)	(125,2)	(109,7)	(116,5)
Gubici prijenosa u sistemu	15816	5,5	20278	7,1	139484	5,2	129,8	145,3	118,0
Gubici razrade u sistemu	633	0,2	19832	6,9	171761	6,4	64,5	95,3	114,9
Gubici razvoda lokalnih elektrana	—	—	—	—	4	0,0	—	—	1,5
Ukupna predaja el. en. potrošačima	266203	92,3	238404	83,5	2319977	86,5	122,5	107,3	114,4
Od toga:									
Predano susjed. zajednicama	61302	21,3	45597	16,0	352426	13,1	182,0	114,7	148,1
Predano inozemstvu	5416	1,9	2763	1,0	41649	1,6	331,0	48,9	74,1
Industrijska vlastita opskrba	16552	5,7	18501	6,5	144044	5,4	94,3	91,6	93,2
Lokalna opskrba	—	—	—	—	28	0,0	—	—	1,3
Potrošači u sistemu	182933	63,4	171543	60,0	1781830	66,4	111,3	109,5	113,3
Struktura potrošnje u sistemu = 100 % Ukupna predaja potrošačima u sistemu = 100 % Kućanstva (domaćinstva)	61291	33,5	46832	27,3	448973	25,2	115,2	116,6	121,3
Rasvjeta poslov. prostorija	4740	2,6	5293	3,1	60909	3,4	110,6	116,8	120,8
Rasvjeta društv. prostorija	821	0,4	966	0,6	12571	0,7	120,3	118,0	122,1
Motori i aparati	7164	3,9	7007	4,1	70898	4,0	116,8	116,2	113,8
Poljoprivredni motori	674	0,4	698	0,4	6079	0,3	78,1	82,8	81,3
Javna rasvjeta	3138	1,7	3461	2,0	29653	1,7	121,1	120,1	116,9
Preprodavaoci	732	0,4	861	0,5	9218	0,5	65,6	84,3	86,5
Ukupna potrošnja na malo	78560	42,9	65118	38,0	638301	35,8	114,1	115,7	118,9
Vodovod	5705	3,1	5505	3,2	49607	2,8	108,8	114,6	115,2
Gradska električna vuča	1903	1,1	1916	1,1	19605	1,1	104,4	101,7	109,1
Ukupna komunalna velepotrošnja	7608	4,2	7421	4,3	69212	3,9	107,7	111,1	113,4
Ugljenokopi	5518	3,0	5807	3,4	63297	3,5	90,2	90,1	97,5
Tvornice cementa	10535	5,8	10225	5,9	91722	5,1	126,6	121,5	111,9
Ostala opća velepotrošnja	47673	26,1	52326	30,5	474165	26,7	114,7	120,7	117,6
kod elektrokemije	(1025)	(0,6)	(797)	(0,5)	(10640)	(0,6)	(97,5)	(95,7)	(106,0)
kod elektrometalurgije	(1756)	(1,0)	(1684)	(1,0)	(18132)	(1,0)	(121,2)	(110.4)	(110,2)
kod ostalih	(44892)	(24,5)	(49845)	(29,0)	(445393)	(25,1)	(89,5)	(85,7)	(118,4)
Ukupno ostala velepotrošnja	63726	34,9	68358	39,8	629184	35,3	113,8	117,4	114.4
Karbid	—	—	—	—	88607	5,0	—	—	93,0
Aluminij	16326	8,9	16430	9,6	160492	9,0	114,0	110,7	118,3
Ostala elektrokemija	3697	2,0	2384	1,4	33385	1,9	114,3	87,8	101,6
(Ukupno elektrokemija)	(20023)	(10,9)	(18814)	(11,0)	(282484)	(15,9)	(114,2)	(87,6)	(107,1)
Ferolegure el. metalurgije	6638	3,6	5342	3,1	99239	5,6	83,0	70,5	102,4
Elektrotoplina	3192	1,7	3315	2,0	29635	1,7	95,1	109,3	95,1
Željeznička električ. vuča	3082	1,7	3126	1,8	31038	1,7	94,9	94,7	101,6
Melioracije	104	0,1	49	0,0	2737	0,1	77,6	43,7	181,7
Ukupna specijalna velepotrošnja	33039	18,0	30646	17,9	445133	25,0	102,2	86,3	105,0

Proizvodnja električne energije udružene elektroprivrede u FNR Jugoslaviji

Pokazatelj	Mjesec	FNRJ			Po narodnim republikama											
					Hrvatska		Srbija		Slovenija		B i H		Makedonija		Crna Gora	
		Ukupno	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE	HE	TE
Proizvodnja u GWh	9. 1962.	812	419	393	127	26	70	139	152	124	38	95	32	8	0	1
	10. 1962.	841	388	453	113	43	81	148	103	156	51	97	37	9	3	—
Indeks na bazi	9. 1961.	117	137	101	167	68	167	107	135	98	105	113	83	90	75	46
	10. 1961.	116	106	125	111	135	212	107	75	143	146	126	114	166	13	—

Proizvodnja ugljena za mjesece rujan i listopad 1962.
Po podacima »Udruženih ugljenokopa« — sastavio Ing. Franjo Sapač

	Vrste ugljena — Područje — Poduzeće	Proizvodnja u tonama			Indeks 1961 = 100		
		Rujan	Listopad	Od početka godine	Rujan	Listopad	Od početka godine
	a	1	2	3	4	5	6
	Kameni — Istarski ugljenokopi Raša	60540	69000	668250	85,6	97,0	98,1
Mrki	Hrvatsko Zagorje: Golubovečki ugljenokopi	5100	4962	55908	85,5	97,5	95,0
	Rudnik Pregrada	5804	6512	57932	121,9	134,0	118,9
	Ostali	5113	5239	47759	116,2	124,7	115,1
	Međimurje: Međimurski ugljenokopi	14942	15112	145631	104,2	108,2	98,9
	Dalmacija: Rudnik Siverić	10250	10757	101544	111,3	112,4	106,4
	Ostali	735	802	6844	89,6	99,0	95,6
	Ostala područja	2623	3120	30291	65,3	93,5	76,0
	Ukupno mrki	44567	46504	445909	102,4	111,1	101,6
Lignit	Hrvatsko Zagorje: Ivanečko-Ladanjski ugljen.	31558	32967	320083	100,7	110,7	98,7
	Konjščinski ugljenokopi	—	—	52480	—	—	—
	Zagorski rudnici	15584	16122	133090	—	—	—
	Stubički ugljenokopi	4639	5218	79597	40,6	51,4	81,4
	Ostali	2670	2400	21533	142,8	120,0	104,0
	Bilogora—Podravina: Koprivnički ugljenokopi	6994	7566	70323	83,3	95,5	85,9
	Križevački ugljenokopi	3016	2720	26932	130,4	134,5	83,0
	Ostali	5428	4301	55819	72,5	63,3	77,0
	Ostala područja	100	1265	7754	16,7	102,3	90,8
	Ukupno lignit	69989	72559	767611	75,6	85,4	84,5
	Ukupno sve vrste ugljena	175096	188063	1881770	84,7	95,0	92,8

Proizvodnja ugljena i koksa u FNR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1962.

Pokazatelj	Mjesec	Ugljen										Koks iz	
		FNRJ				Po narodnim republikama						koksara	plinara
		Ukupno	Kameni	Mrki	Lignit	Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora		
Proizvodnja u 1000 t	9. 1962.	2117	89	741	1286	707	175	433	775	0,8	26,0	92	1,4
	10. 1962.	2213	100	820	1293	735	118	467	792	0,8	30,6	94	1,5
Indeks na bazi	9. 1961.	102	82	92	111	121	85	98	93	62	95	103	100
	10. 1961.	105	90	102	108	118	95	107	96	80	118	104	100

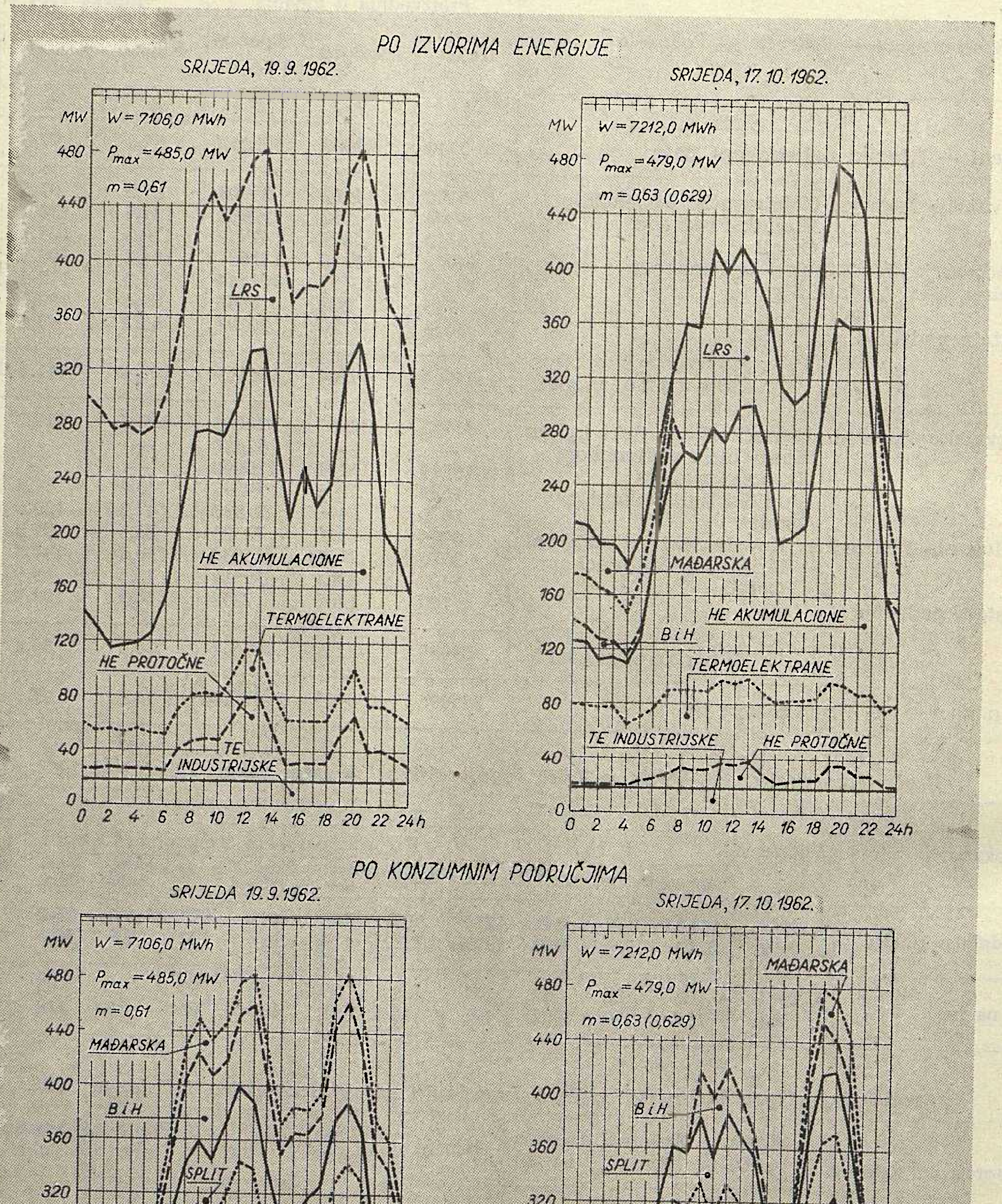
Proizvodnja i prerada nafte u FNR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1962.

Pokazatelj	Mjesec	Sirova nafta	Zemni plin	Prerada nafte	Benzin	White špirit	Petrolej	Plinsko ulje	Maziva ulja	Čađ
		t	1000 m^3	t	t	t	t	t	t	t
Proizvodnja	9. 1962.	127527	7278	137081	28259	741	7091	44092	7012	341
	10. 1962.	131444	11208	148741	26471	880	9204	48250	9892	319
Indeks na bazi	9. 1961.	114	121	148	126	198	177	144	127	104
	10. 1961.	112	151	116	106	105	239	156	198	94

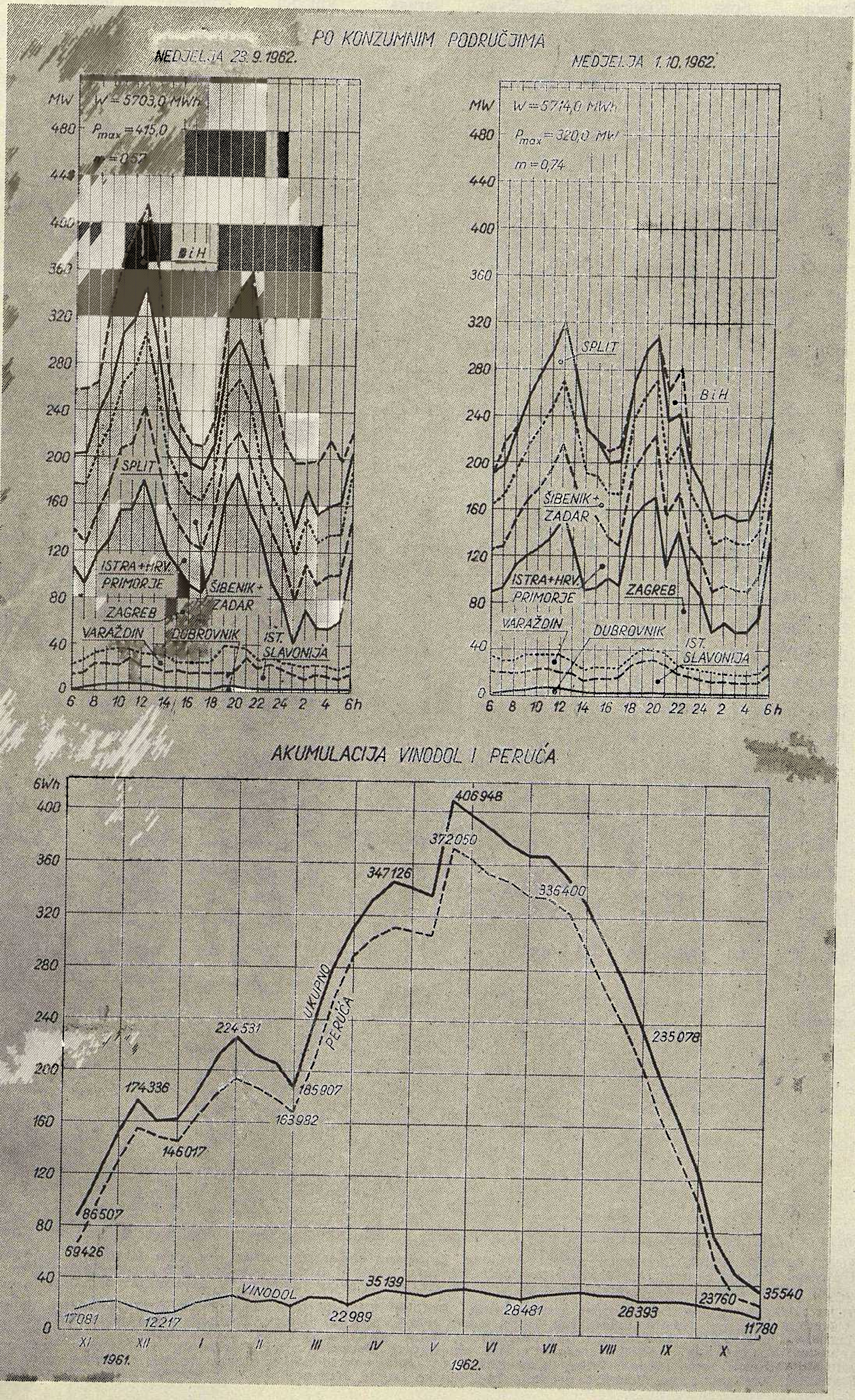
Indeks industrijske proizvodnje u FNR Jugoslaviji za mjesece rujan i listopad 1962.

Mjesec	FNRJ	Po narodnim republikama						Po namjeni		
		Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	Makedonija	Crna Gora	Sredstva rada	Materijal za reprodukciju	Potrošna roba
9. 1961.	112	114	114	111	106	112	122	100	111	121
10. 1961.	121	128	123	116	112	115	108	110	117	136
9. 1962.	105	108	105	103	98	110	115	99	102	112
10. 1962.	108	110	113	103	101	104	109	101	104	120

TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 19. 9. i 17. 10. 1962.



TOKOVI DNEVNOG OPTEREĆENJA 23. 9. i 1. 10. 1962.
AKUMULACIJA VINODOL I PERUĆA



Srednji dnevni protoci vode za mjesece rujan i listopad 1952. u m^3/s.

Datum	Cetina						Krka				Lokvarka		Ličanka		Mrežn.-Dobra		Kupa	
	Peruća		Split		Kraljevac		Manojlovac		Jaruga		Vinodol		Vinodol		Gojak		Ozalj	
	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad	Rujan	Listopad
1	8	8	5	5	2	10	6	6	7	7	—	0,8	—	1,0	0,6	0,9	7,2	4,7
2	8	8	5	5	2	2	6	6	7	7	—	2,0	—	2,7	0,8	1,3	4,3	5,3
3	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	—	—	—	0,6	0,6	4,3	4,3
4	9	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	—	—	—	—	0,7	—	4,3
5	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	—	—	—	0,6	0,9	7,2	—
6	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	—	—	—	0,9	0,8	5,7	2,8
7	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	1,2	—	1,5	0,5	1,1	4,3	4,3
8	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	3,0	—	4,0	1,1	1,6	7,2	2,8
9	8	8	5	5	2	1	6	6	7	7	—	1,2	—	1,5	1,6	1,5	7,2	4,3
10	8	8	5	5	1	1	6	6	7	7	—	1,8	7,0	3,0	31,0	0,6	14,3	2,8
11	8	8	5	5	1	1	6	6	7	7	—	—	—	—	0,8	0,9	5,7	2,8
12	8	8	5	5	1	—	6	6	7	7	—	—	—	—	—	0,9	—	—
13	8	8	5	5	1	1	6	6	7	7	—	0,8	—	1,0	0,3	0,6	4,3	4,3
14	8	8	5	5	1	1	6	6	7	7	—	47,6	—	54,5	0,7	1,4	5,7	7,1
15	8	8	5	5	1	—	6	6	7	7	—	—	—	—	0,4	1,5	7,2	2,8
16	8	13	5	5	1	1	6	6	7	8	—	1,0	—	2,8	0,9	1,3	5,7	2,8
17	8	15	5	10	1	1	6	6	7	8	20,0	1,0	60,4	1,1	2,3	1,3	8,6	4,3
18	8	9	5	6	1	—	8	6	7	8	43,9	—	130,0	—	24,0	1,4	pr.*)	4,3
19	10	10	5	5	1	1	6	6	8	8	15,3	—	20,0	—	14,2	1,6	„	4,3
20	10	10	8	4	1	1	6	6	8	8	4,3	4,1	4,3	3,5	5,5	0,9	45,9	4,3
21	10	10	8	4	1	1	6	6	8	8	4,3	1,0	3,2	2,8	2,7	1,3	25,8	2,8
22	10	10	8	4	1	1	6	6	8	8	4,1	—	4,0	—	3,0	0,7	17,2	2,8
23	10	10	8	3	1	1	6	6	8	8	—	—	—	—	3,1	0,7	12,9	2,8
24	10	10	7	3	1	1	6	6	8	8	3,2	1,0	2,2	2,8	1,2	0,7	—	—
25	10	10	8	3	1	—	6	6	7	7	3,3	—	2,2	—	1,0	0,6	10,0	2,8
26	8	10	5	3	1	1	6	6	7	7	3,2	—	2,2	—	0,9	0,5	5,7	2,8
27	8	10	5	3	1	1	7	6	6	7	—	—	—	—	0,8	0,5	4,3	2,8
28	8	10	5	3	1	1	6	6	7	7	4,3	—	4,8	—	0,6	0,7	5,7	2,8
29	8	10	5	3	4	1	6	6	7	7	—	1,0	—	2,8	0,7	1,3	5,7	4,3
30	8	20	5	3	6	1	6	6	7	7	1,8	2,0	2 0	2,3	1,3	5,8	7,2	2,8
31		10		3		1		6		7		11,0		18,3		8,8		11,4
Mjes. prosjek	8,5	9,5	5,5	4,5	1,6	1,2	6,1	6	7	7	3,6	2,6	8,0	3,4	3,4	1,4	8	3,6

* pr. = preljev

UREDNIŠTVO I UPRAVA. Institut za elektroprivredu, Zagreb, Proleterskih brigada 37, pošt. pret. 451, telefon 53–822, kućni 341.

IZDAVAČKI ODBOR. Miloš *Damjanić,* glavni direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Vinko *Horvat,* tehnički direktor Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, Franjo *Kovač,* direktor ekonomsko-financijskog sektora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, ing. Herman *Mattes,* direktor Instituta za elektroprivredu ,Zagreb.

UREDNIČKI ODBOR. Glavni i odgovorni urednik: ing. Božidar *Filipović. Urednici rubrika.* Energetika: ing. Vinko *Brajnović.* Studije i istraživanja: ing. Jakob *Lucatti,* ing. Boris *Markovčić* i ing. Blaž *Uzelac.* Tehnička i pogonska problematika: ing. Ivo *Božin.* Izgradnja energetskih postrojenja: ing. Radoslav *Planić.* Elektrodispečerska problematika: ing. Milan *Šodan.* Ekonomsko-financijska problematika: Anđelko *Marušić* i dipl. ec. Daniel *Fëocze.* Tarifna pitanja: ing. Ivan *Lučev.* Opća problematika: Ivan *Medvedec.* Vijesti: Josip *Pišpek.* Vijesti s gradilišta: ing. Radoslav *Planić.* Iz strane stručne literature: prof. ing. Vladimir *Žepić.* Statistika: Krešimir *Lang.* Tehnički urednik: ing. Vlatko *Dabac.* Komercijalno i financijsko rukovodstvo: Ernest *Radetić.*