TEHNIČKI FAKULTET
SVEUČILIŠTA KRALJEVINE JUGOSLAVIJE
U
ZAGREBU

1919–1929

SPOMENICA FAKULTETSKOG SAVJETA

PREŠTAMPANO IZ GODIŠNJAKA SVEUČILIŠTA
U ZAGREBU 1924/25 – 1928/29

ZAGREB 1929
TISAK NADBISKUPSKE TISKARE

Poklon iz ostavštine
prof. dr. Ive Horvata
Zgb. 23. lipanj 1994
T. Goljačić

TEHNIČKI FAKULTET

SVEUČILIŠTA KRALJEVINE JUGOSLAVIJE

U

ZAGREBU

1919–1929

SPOMENICA FAKULTETSKOG SAVJETA

PREŠTAMPANO IZ GODIŠNJAKA SVEUČILIŠTA
U ZAGREBU 1924/25–1928/29

ZAGREB 1929
TISAK NADBISKUPSKE TISKARE

FACULTÉ TECHNIQUE
DE L' UNIVERSITÉ ROYALE YOUGOSLAVE DE ZAGREB

1919—1929

MÉMOIRE DU CONSEIL DE LA FACULTÉ

RÉIMPRESSION D' EXTRAITS DU RAPPORT ANNUEL DE L' UNIVERSITÉ DE ZAGREB 1924/25—1928/29

ZAGREB 1929
IMPRIMERIE DE L' ARCHEVÊCHÉ

Sadržaj

⟨Sommaire⟩

Strana

Izvještaj dekana (Rapport du doyen) 845
J. Božičević: Dr. Juraj Žerjavić 963
V. Njegovan: Dr. univ. med., techn. et med. vet., h. c. Milan Rojc . . . 967
M. Plohl: Dr. techn. h. c. Nikola Tesla 971
C. F. Scott: The Contribution of Tesla to Electrical Power Development . . 975
H. Görges: Über die Bedeutung Nikola Tesla's für die Elektrotechnik . . . 979
F. Kiebitz: Nikola Tesla als Pionier der drahtlosen Telegraphie 981
M. Vidmar: Nikola Tesla 984
Ž. Marković: O periodičkim rješenjima Mathieu-ove diferencijalne jednadžbe (Sur les solutions périodique de l'équation de Mathiéu) 990
V. Vranić: O grafičkom rješavanju jednadžbe trećega stepena (Sur la résolution de l'équation du troisième degré) 998
J. Božičević: Nožišne krivulje parabole kao ortoganalne projekcije kubične elipse (Die Fusspunktskurven einer Parabel als Orthogonalprojektionen kubischer Ellipsen) 1003
N. Abakumov: Izjednačenje triangulacije po pravcima i kutevima (Compensation de la triangulation par les directions et par angles) 1031
S. Horvat: Najpovoljnija raspodela težina kod pojedinačnog određivanja tačaka uvrštene trigonometričke mreže (Günstigste Gewichtsverteilung bei einzelweisen Bestimmungen der Punkte des eingeschaltenen trigonometrischen Netzes) 1042
P. Horvat: Tehnički fakultet Univerziteta u Zagrebu i agrarne operacije (Die Technische Fakultät der Universität in Zagreb und die Agraroperationen) 1081
M. Prejac: O vlastitim ili slobodnim titrajima štapova i ploča promjenljivog presjeka (Über eigene oder freie Schwingungen der Stäbe oder Platten mit veränderlichem Durschnitte) 1093
M. Čalogović: Troškovi armirane betonske ploče i dozvoljeno naprezanje betona (Die Kosten einer Betonplatte und die zulässige Betondruckspannung) 1102
Č. M. Iveković: Moderna arhitektura (Moderne Arhitektur) 1106
H. Ehrlich: Gradnja tehničkog fakulteta sveučilišta u Zagrebu (Der Bau der technischen Fakultät der Universität in Zagreb) 1114
A. Šahnazarov: Načini umanjivanja aksijalne sile kod rada sa spiralnim svrdlom (The methods of diminishing the feed pressure in the process of boring with twist drills) 1118
I. Miler: TS-diagram za smjesu vodene pare i zraka. (Le diagramme TS pour un mélange de vapeur d'eau et d'air 1122
I. Havliček: Pogon parnih strojeva sa pritiscima u blizini kritičkog pritiska pare (Über den Dampfmaschinenbetrieb mit Drucken in der Nähe des kritischen Druckes) 1128
E. Kürschner: Problem energije (Das Energieproblem) 1131
V. Njegovan i V. Marjanović: Studije o kvantitativnom taloženju magnezium-amonium-fosfata (Studien über die quantitative Fällung des Magnesium-Amoniumphosphates) 1146
I. Marek: Organska kvantitativna elementarna analiza nekoć i sada (Die Organische quantitative Elementaranalyse einst und jetzt) 1160
M. Krajčinović i J. Zaljesov: Upotreba naših domaćih glina za odbeljivanje i rafinaciju mineralnih i vegetabilnih ulja (Über die Brauchbarkeit einchemischer Tone als Bleicherden bei der Raffination mineralischer und vegetabilischer Öle) 1169
I. V. Voljanski: Nekoliko opažanja prilikom proučavanja vatrometnih smesa (Considérations sur les causes et les circonstances d'avarie des artifices) 1178
M. Roš: 1. Problem izvijanja. 2. Omer modula elasticiteta $n = \frac{E_e}{E_b}$ 3. Statička opasnost loma čvrstih građevnih materijala i izrađevina. (1. Das Knickproblem. 2. Die Verhältnisszahl $n = \frac{E_e}{E_b}$ beim Eisenbeton. 3. Statische Bruchgefahr fester Bau- und Werkstoffe) 1181

TEHNIČKI FAKULTET

Izvještaj dekana.

HISTORIJAT.

Nema sumnje da se u nas već odavna porodila želja, da se u Zagrebu otvori Tehnička visoka škola, odnosno Tehnički fakultet. Toj želji dalo je glasni izražaj Društvo inženjera i arhitekata u Hrvatskoj i Slavoniji, kad je na svojoj skupštini dne 21. veljače 1898. jednoglasno i s oduševljenjem prihvatilo ovaj prijedlog svojih članova gg. Lenucija Milana i Ursinija ing. Mihajla:

»Glavna skupština inženjera i arhitekata u Hrvatskoj i Slavoniji, održana dne 21. veljače 1898. uvaživši, da se samo izdašnim gojenjem nauka matematičko-prirodoslovnih i upotrebljavanjem ovih nauka u tehničkoj struci dade polučiti kulturni i materijalni napredak naroda, uvaživši nadalje, da je shodno učenje i upotrebljenje spomenutih nauka moguće samo pomoću vlastitog središta, to jest vlastitog visokog tehničkog zavoda, koji bi se dakako, ne puštajući s vida strogo naučni rad i napredak, — ipak prilagodio užim odnošajima zemlje i naroda i oko sebe sabrao svu mladež, koja je sada ili raštrkana po tuđim zavodima ili se mora radi pomanjkanja dostatnih sredstava latiti drugog posla, premda ima sve sposobnosti i volju za tehničke nauke, neka izvoli zaključiti: da se društvo obrati na visoku vladu smjernom molbom za ustrojenje inženjerskog odjela visoke tehničke škole u Zagrebu.«

Predstavku, koju je izradio prema gornjem zaključku tadanji društveni tajnik inženjer grada Zagreba Ursiny ing. M., predala je društvena deputacija banu. Na poticaj društva poduprli su tu predstavku skupštine grada Zagreba, skupštine svih županija, trgovačka i obrtnička komora u Zagrebu i Savez hrv. slav. industrijalaca, a bilo je o toj predstavci govora i u Hrvatskom saboru. Štampa je također živo poduprla tu akciju.

Uspjeha nije bilo, a službeni je odgovor glasio: da se u taj čas ne može ništa učiniti, dok se ne riješe razna financijalna pitanja, uslijed kojih će narasti novčana sredstva. To je bila prva akcija, da se u Zagrebu osnuje tehnička visoka škola, a svršila je onako, kako su se u ono doba redovito svršavala sva naša zamašnija kulturna i gospodarska nastojanja.

Prigodom proslave dvadeset i pet godišnjice Društva hrvatskih inženjera i arhitekata u Zagrebu godine 1903. pokreće opet pitanje osnutka tehničke visoke škole u Zagrebu tadanji profesor šumarske akademije u Zagrebu Hlavinka ing. Vinko u svojoj raspravi »Visoka tehnička škola« čitanoj u sjednici proslave dne 8. studenoga 1903. i odštampanoj u Spomen-knjizi te proslave. Sastavljač Spomen knjige g.

Vidi: M. Čalogović, Postanak tehničke visoke škole u Zagrebu. Izvještaj za škol. god. 1925/1926.

Stanisavljević Julije pišući povijest društva završava sa riječima: »Nema dvojbe da će se u nedalekoj budućnosti ustrojiti tehnička visoka škola u Zagrebu, i tako oživotvoriti jedno od najmilijih misli našeg društva za kulturni i materijalni napredak našega naroda, koji se bez visoke tehničke škole ne će nikada podignuti do one visine, na kojoj se nalaze napredniji narodi.«

Do kakove akcije tim povodom nije došlo.

God. 1906. dolazi opet na površinu pitanje osnutka tehničke visoke škole u Zagrebu i to ovaj puta u programu »Narodne Vlade«, koja je proizašla iz znamenitih izbora za hrvatski sabor, na kojima je oborena dotadanja vladina, t. zv. madžaronska većina, a većinu je dobila hrvatsko-srpska koalicija.

Predstojnikom odjela za bogoštovlje i nastavu postade g. Rojc Milan, i njegova je zasluga, da je pitanje osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu ušlo u vladin program.

No ni ovaj puta nije moglo doći do faktičnog osnutka Tehničke visoke škole, jer za potrebna sredstva nije bilo mjesta u budžetu, a kraj tadanjeg našega položaja prema Madžarskoj nije bilo niti nade, da bi to doskora moglo biti.

Uvidjevši to ljudi, kojima je bio na srcu osnutak Tehničke visoke škole u Zagrebu, odlučili su poći drugim putem, putem kojim smo morali poći, dotad uvijek, kada smo htjeli postići koju kulturnu tekovinu. Pokrenuli su naime akciju, da se potrebna sredstva namaknu sabiranjem darova.

Taj put nije doduše vodio do većeg uspjeha u skoro vrijeme, poglavito zato, što je već postojala slična akcija za Medicinski fakultet. No samo se tako moglo računati na uspjeh.

Prvi, koji se znatnim darom odazvao, bio je Žerjavić dr. Juraj, opat i župnik u Mariji Bistrici. On je god. 1910. namijenio svoju kuću u Zagrebu, kao zakladu za osnutak i uzdržavanje Tehničkog fakulteta na sveučilištu, odnosno samostalne visoke škole u Zagrebu.

Povodom toga dara sazvao je tadašnji ban Tomašić dr. Nikola anketu za osnutak Tehničke visoke škole. Pošto je i onda postojalo aktuelno i pitanje akademske izobrazbe šumara i gospodara, pozvani su na tu anketu pored inženjera, šumari i gospodari. Ta je anketa zaključila, da se ne osniva posebna Tehnička visoka škola, nego samo Tehnički fakultet na Univerzitetu za inženjere, šumare i gospodare.

Društvo inženjera i arhitekta nije bilo sporazumno tim zaključkom, nego je zahtijevalo osnutak posebne Tehničke visoke škole, podupirajući taj svoj zahtjev jakim argumentima. Pod utjecajem tih argumenata pobijedilo je njegovo stanovište na ponovnoj anketi god. 1911. i zaključeno bi, da se imade još iste jeseni otvoriti Tehnička visoka škola u Zagrebu, i to sa odjelima za građevne i kulturne inženjere i tečajem za geodete.

No ni ovaj se puta nije došlo dalje od zaključka. Bilo je još uvijek uticajnih ljudi, koji su to pitanje promatrali sa gledišta materijalnog, pa su zastupali stanovište, da je jeftinije pomoću štipendija izobražavati inženjere, koji su potrebni za javnu službu, dok drugih nije onda ni trebalo. Bojovnici za osnutak Tehničke visoke škole u Zagrebu naprosto nisu mogli svojim idealnim argumentima pobiti svu težinu gornje materijalne argumentacije, napose stoga, što im je nedostajala potpora industrije, koja je u ono doba bila premalo snažna i skoro potpuno ovisna o

Beču i Budimpešti, te se nije ni mogla, a ni htjela da izjavi za potrebu domaće Tehničke visoke škole.

Nadošao je rat. Društvo hrvatskih inženjera i arhitekata u Zagrebu moralo je prestati svojim djelovanjem, pa tako nije bilo nikoga, koji bi pitanje osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu podržavao i doveo ga do konačnog uspjeha. Osobito prvih godina rata bilo je bezizgledno svako nastojanje u tom smjeru.

No tečajem rata postalo je jasno i onima, koji to prije nisu uvidjeli, da danas svaki napredak počiva na tehničkom temelju. Kako se je cijeli svijet pripravljao na restauraciju ratom uništenih dobara, tražile su se sile, koje će tu restauraciju provađati. Sve je upućivalo na tehničare. To je bio momenat, kada je pitanje osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu opet moralo doći na površinu. Odjelnim predstojnikom za bogoštovlje i nastavu u Zagrebu postao je opet g. Rojc Milan, koji je ponovno iznio pitanje osnutka tehničke visoke škole.

Rad oko osnutka Tehničke visoke škole postao je sada konkretniji, prestalo se je sa predstavkama, anketama i programima i prešlo se na djelo. G. Rojc je dao izraditi osnovu zakona o ustrojenju Tehničke visoke škole u Zagrebu i kanio ju je prvom prilikom predložiti hrvatskom saboru na odobrenje. No oslobođenje ga je u tom preteklo i olakšalo mu posao. Bez teškog parlamentarnog mehanizma isposlovao je, da je povjereničko vijeće SHS dne 10. prosinca 1918. prihvatilo njegovu zakonsku osnovu u formi naredbe, kojom se do poznijeg uređenja ustavnim putem osniva Tehnička visoka škola u Zagrebu.

Time je Tehnička visoka škola počela postojati, predbježno samo na papiru, no g. Rojc nastavlja posao i pristupa bezodvlačno i faktičnom oživotvorenju toga zavoda. Obraća se molbom na Društvo inženjera i arhitekata da izradi osnovu, kao i na domaću industriju, da novčano podupre osnutak tehničke visoke škole. Ukazom Njegovog Visočanstva Regenta od 2. travnja 1919. budu imenovani gg. Havliček ing. Jaroslav, Pilar arh. Martin i Čalogović ing. Milan prvim profesorima i organizatorima i time je osnovan profesorski kolegij, koji uzima u ruke daljni rad, kako bi Tehnička visoka škola još iste jeseni započela svojim djelovanjem.

Najprije je trebalo naći podesne prostorije. Nakon pretresanja raznih mogućnosti budu odabrane prostorije u kojima je prije rata bila smještena Ženska stručna škola, zatim južno krilo zgrade Obrtne škole, u kojoj je prije rata bio smješten konvikt te škole. Te su prostorije za vrijeme rata bile upotrebljene kao vojna bolnica, koja je baš prestala djelovati. G. Rojc Milan prihvatio je u tom pogledu predlog profesorskog vijeća i tako omogućio, da zavod može započeti svojim djelovanjem.

Uslijed četirigodišnje uporabe kao vojne bolnice bile su te prostorije u dosta zapuštenom stanju, pa je trebalo znatnih novčanih sredstava i energičnog rada, da se do jeseni tako urede, da budu podesne za školu i da se ujedno učine najnužnije nabave, kako bi se moglo započeti obukom.

Za prvo se je pobrinuo g. Rojc Milan, koji je imao na raspolaganju, osim ograničenih državnih sredstava, doprinose u iznosu od 600.000 kruna, koje je sabrala domaća industrija, a drugo je bila zadaća profesorskoga kolegija.

Daljnje nemalo važno pitanje, bilo je popunjenje profesorskoga vijeća. Tečajem ljeta 1919. bili su imenovani redovnim profesorima Šen

arh. Edo, Horvat ing. Pavao, Kiseljak dr. Marije, i Njegovan dr. Vladimir, dok se je ostala potreba predavača predbježno osigurala honorarnim docentima, većim dijelom sa Sveučilišta.

Profesorsko je vijeće odlučilo, da se već kod osnutka otvore svi oni odjeli, koje obično imadu sve potpune Tehničke visoke škole, naime: odio arhitektonski, građevni, strojarski, električki, brodograđevni, brodostrojarski i hemijski, a sa dotadanje Šumarske akademije prenijet je na Tehničku visoku školu dvogodišnji geodetski tečaj, koji se već nakon godine dana pretvara u geodetsko- i kulturno-inženjerski odio. Studij u svim odjelima traje osam semestara.

Prigovaralo se da su nekoji od tih odjela za naše prilike predbježno nepotrebni. No profesorsko je vijeće držalo da radi ispravno, ako za sve one tehničke struke, koje će se morati i kod nas doskora razviti, pripravi sile, ma da jedan dio inženjera ne će možda odmah naći zaposlenja u domovini. To je svakako manje zlo, negoli da dođe do toga, da nam te struke, kad nastane njihova potreba, urede stranci, kojih bi se poslije samo teškom mukom mogli riješiti.

Profesorsko je vijeće bilo svijesno i toga, da svi odjeli ne će odmah moći biti na poželjnoj visini, no držalo je to neizbježivim nedostatkom, kojem se ne bi potpuno izbjeglo niti onda, kad bi se pojedini odjeli postepeno otvarali.

Pošto su bili imenovani nastavnici potrebiti za prvo godište i pošto su bile priređene prostorije za predavaonice, risaonice, uredske i profesorske sobe, čitaonica i knjižnica i t. d. otvorila su se dne 1. oktobra 1919. po prvi put vrata naše tehničke visoke škole. Škol. god. 1919./1920. otvorilo se samo prvo godište svakoga odjela, a onda se svake slijedeće godine otvaralo po jedno godište više. Škol. god. 1922/23. bila su otvorena sva četiri godišta. Kako su se otvarala nova godišta, bili su imenovani novi nastavnici, uređene nove prostorije, nabavljeno pokućtvo, osnovani laboratoriji i zavodi.

Financijskim zakonom za god. 1926/27. ukinuta je samostalna Tehnička visoka škola i pretvorena je u Tehnički fakultet sveučilišta u Zagrebu. To je učinjeno zbog toga, da se u budžetu uštede izvjesne svote potrebne za upravu, a i zbog nekih drugih važnih razloga.

Dok je Tehnički fakultet bila posebna visoka škola, imala je svoga rektora, a pojedini odjeli svoje dekane. Prvim rektorom izabran je prof. Šen Edo, prorektorom prof. Čalogović Milan, prvim dekanima prof. Horvat Pavao i Kiseljak dr. Marije, a prvim prodekanom za sve odjele Njegovan dr. Vladimir.

Neki odjeli imali su zajedničkog dekana. Škol. god. 1919/20. bila su samo dva dekana, i to odjeli arhitektonski, građevni i geodetski tečaj imali su jednoga, a ostali odjeli drugoga dekana. Škol. god. 1920/21. do 1924/25. bila su tri dekana tako, da su jednoga dekana imali arhitektonski građevni i geodetski odio, drugoga dekana strojo- i elektro-inženjerski, te brodograđevni- i brodostojarsko-inženjerski odio, a trećega dekana kemički odio. Kako se geodetski odio jače razvio dobio je škol. god. 1925/26. svoga posebnog dekana.

Kad je Tehnička visoka škola postala Tehničkim fakultetom posljedni rektor prof. Stipetić Đuro postao je dekanom, posljedni prorektor Hanaman dr. Franjo prodekanom, a posljedni dekani prof. Holjac Janko, Marković dr. Željko, Prejac dr. Milivoj i Njegovan dr. Vladimir starješinama odjela. Naredba o ustrojstvu Teh

ničke visoke škole postaje fakultetskom uredbom, primjenjujući je prema novim prilikama. Svi ispitni propisi ostali su i dalje na snazi. Ukazom Njegova Veličanstva Kralja od 5. juna 1926. svi su redovni i izvanredni profesori bivše tehničke visoke škole imenovani redovnim i vanrednim sveučilišnim profesorima na Tehničkom fakultetu. Kako je zakon o beogradskom univerzitetu protegnut na zagrebačko sveučilište, redovni profesori Tehničkog fakulteta postaju članovima Univerzitetskog vijeća, dekan članom uprave, a dekan i prodekan članovima Univerzitetskog savjeta.

Dok je postojala samostalna Tehnička visoka škola najviša je autonomna oblast zavoda bilo profesorsko vijeće, koje je bilo izravno podvrženo Ministarstvu Prosvjete. Neposredna uprava u pojedinim odjelima bila je povjerena profesorskom zboru odjela. Na čelu toga zbora bio je dekan. Profesorski zbor sastojao se od onih redovnih i vanrednih profesora, te honorarnih docenata, koji su u tom odjelu predavali. Većina nastavnika bila je članovima zbora u više odjela, jer su u više odjela i predavali. Dekana je birao profesorski zbor odjela između redovnih profesora. Kad je Tehnička visoka škola postala Tehničkim fakultetom profesorsko se vijeće nazvalo savjetom Tehničkog fakulteta, redovni i vanredni profesori bili su podijeljeni po odjelima tako, da je svaki nastavnik članom samo jednoga profesorskoga zbora, kojemu je na čelu starješina. Profesorski zborovi vijećaju o svim pitanjima, koja se odnose na te odjele i predlažu svoje zaključke savjetu tehničkog fakulteta, koje ih odobrava ili zabacuje.

Dok je tehnički fakultet postojao kao samostalna Tehnička visoka škola izdavala je svake škol. godine pregled predavanja, u kojemu je obično bio priopćen popis nastavnika i pomoćnog nastavnog osoblja, izvadak iz ustrojne naredbe i t. d.

Za škol. god. 1925/26. izdaje profesorsko vijeće opširan »Izvještaj i pregled predavanja«. Taj izvještaj ima među inim ova poglavlja: Obavijesti o studiju u tehničkoj visokoj školi, Naredba o ustrojstvu tehničke visoke škole u Zagrebu, Propis o održavanju pojedinačkih i državnih ispita, Propis za polučenje doktorata tehničkih znanosti, Propis o habilitaciji privatnih docenata, Znanstveni zavodi i laboratoriji, Popis predavanja i vježbi (s kratkim sadržajem), Naučna osnova po odjelima i godištima.

God. 1921., 1924. i 1926. bile su priređene izložbe đačkih radova u zavodskim prostorijama.

Profesorsko vijeće tehničke visoke škole držalo je 200 redovnih i 7 izvanrednih sjednica. Prva je sjednica držana dne 5. septembra 1919.

Savjet tehničkoga fakulteta držao je do konca škol. god. 1928/29. 52 redovne i 7 vanrednih sjednica.

NAUČNE OSNOVE.

Odmah u početku sastavljene su naučne osnove za sve odjele i za sva godišta. Te su se osnove često mijenjale koliko u rasporedu i broju predmeta, toliko u broju sati iz pojedinih predmeta, a neki su promijenili i ime. Dodavali su se neki novi predmeti ili su se neki ukidali kao manje važni, u nekim se predmetima broj sati povisivao, a nekim opet snizavao, što je posve shvatljivo, ako se uzme u obzir, da se nije moglo

već u početku predvidjeti, kakove će upotrebe nastupiti i naučne i praktične, i u kojem će se opsegu pojedini predmeti predavati.

Na Tehničkom je fakultetu za svako godište propisan izvjesni broj obaveznih predmeta, koje slušači moraju upisati i iz njih polagati ispite. Prema tome ne mogu slušači Tehničkog fakulteta slušati predmete po svojoj volji, nego su vezani na naučnu osnovu propisanu za svako pojedino godište i za svaki odio. U prvoj godini slušaju se pretežito teoretski predmeti, na pr. matematika, fizika, mehanika, deskriptivna geometrija i t. d. no i u tim se predmetima nastavnici osvrću na potrebe praktičnih predmeta. Ima opet i sporednih praktičnih predmeta, koji se uče kao uvod u glavne praktične predmete.

Odjeli strojo- i elektro-inženjerski imadu za prve dvije godine istu naučnu osnovu, a isto tako i odjeli brodograđevno- i brodostrojarsko-inženjerski. No i za treće i četvrto godište razlika je u naučnoj osnovi za prva dva, kao i za druga dva odjela dosta malena. Do škol. god. 1926/27. nije postojalo treće ni četvrto godište elektro-inženjerskog odjela, i to radi nedostatka nastavnika i elektrotehničkog laboratorija. Taj odio i nije čisto elektro-tehnički, nego više elektrostrojarski, te su u njem znatno zastupani strojarski predmeti. To je zato učinjeno, što se zbog naših posebnih prilika ne mogu slušači pojedinih odjela odviše specijalizirati samo za jednu struku, nego moraju dobro poznavati i ostale srodne struke.

Donosimo naučnu osnovu po godištima i odjelima, koja je vrijedila za škol. god. 1928/1929. (v. str. 851—860.).

Iz te se osnove vidi, koji se sve predmeti predavaju na tehničkom fakultetu, u kojem odjelu i semestru, sa kolikim brojem sati na tjedan i koji nastavnici predavaju te predmete. U kojem se opsegu predavaju pojedini predmeti, može se vidjeti u »Izvještaju« za škol. god. 1925/26. Iz naučne se osnove nadalje vidi, da veliku većinu predmeta zajedno slušaju po dva ili više odjela, dok manji dio predmeta sluša samo po jedan odio.

NASTAVNICI.

Imenovanjem triju organizatora i prvih profesora Havlička dra Jaroslava, Pilara arh. Martina i Čalogovića ing. Milana osnovan je profesorski zbor tehničke visoke škole u Zagrebu, koji se prema ustrojnom statutu nazivlje profesorsko vijeće. Imenovanjem Šena arh. Ede, Horvata ing. Pavla, Kiseljaka dra Marija i Njegovana dra Vladimira profesorima, brojalo je profesorsko vijeće sedam članova, koji su svi bili redovni profesori. Prva sjednica toga vijeća, o kojoj je sastavljen zapisnik držala se pod predsjedanjem prof. Pilara dne 19. rujna 1919. u 4 sata po podne. Prisutni su bili svi članovi osim Dra Havlička.

Prvih petnaest sjednica drži profesorsko vijeće gotovo dnevno, a onda redovito svake sedmice. No i pored sjednica bilo je dnevno sastanaka, dogovora, razgovora, kako bi se što brže izvršila ova ili ona stvar, koja se nije mogla odgoditi.

Profesorsko je vijeće naročitu brigu posvećivalo izboru profesora. Već prve godine uvedena je praksa, da se imenovanje svakog nastavničkog lica ima obaviti u dva čitanja, t. j. o predlogu imenovanja ima se raspraviti u dvije sjednice. Stvorena je i daljna praksa, da se kod izbora

I. Arhitektonski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
I. Godište.					
Matematika I i II	4	2	4	2	Dr. Ž. Marković
Deskriptivna geometrija I i II	4	4	4	4	J. Božičević
Građevna mehanika I	2	2	2	1	Ing. S. Flögl
Građevne konstrukcije	4	6	4	6	Ing. Z. Vrkljan
Arhitektonski oblici I	3	6	3	6	Arh. Ć. Iveković
Ornamentalno crtanje I i II	1	5	1	5	M. Vukić
Nauka o bojama	1	—	1	—	M. Vukić
Povijest umjet. star. vijeka	2	—	2	—	Dr. P. Knoll
Ukupno	21	25	21	24	
Preporuča se:					
Akvareliranje	—	—	—	4	M. Vukić
II. Godište.					
Građevna mehanika II	2	1	2	1	Ing. S. Flögl
Građevne konstrukcije II	4	4	4	4	Ing. Z. Vrkljan
Arhitektonski oblici II	3	6	3	6	Arh. Ć. Iveković
Figuralno crtanje	—	4	—	2	M. Vukić
Crtanje akta	—	—	—	4	J. Kljaković
Perspektiva	2	—	—	—	J. Božičević
Perspektivno crtanje	—	—	—	6	V. Kirin
Modelovanje	—	2	—	2	R. Jean
Kemijska tehnologija gradiva	—	—	3	—	I. Marek
Ispitivanje gradiva	3	—	—	6	Dr. K. Čališev
Povijest umjet. sred. vijeka	2	—	2	—	Dr. P. Knoll
Petrografija	2	1	—	—	Dr. F. Šuklje
Ukupno	18	18	14	31	
Preporuča se:					
Spec. poglavlja iz deskr. geom.	—	—	2	2	J. Božičević
Akvareliranje	—	—	—	4	M. Vukić
Arhitektonski reminar	—	2	—	2	Arh. Ć. Iveković

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
III. Godište.					
Arhitektonski oblici III	3	6	3	6	Arh. Ć. Iveković
Graditeljstvo I i II	8	8	4	12	Arh. E. Šen
Arhitektonske kompozicije I	1	4	1	4	Arh. H. Ehrlich
Željezno betonske konstrukcije	—	—	3	2	Ing. A. Kaiser
Željezne konstrukcije	3	2	—	—	Ing. A. Kaiser
Geodezija	—	—	2	2	Ing. P. Horvat
Povijest umjet. novoga vijeka	2	—	2	—	Dr. P. Knoll
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni	—	—	3	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	20	20	18	26	
IV. Godište.					
Arhitektura XIX stoljeća	2	—	2	—	Arh. H. Ehrlich
Arhitektonske kompozicije II	—	20		20	Arh. H. Ehrlich
Gospodarsko graditeljstvo	2	4	—	—	Arh. J. Holjac
Industrijalno graditeljstvo	—	—	2	4	Arh. J. Holjac
Grijanje i zračenje	2	—	—	—	M. Crnić
Građevno inženjerstvo	2	—	2	2	Ing. J. Ivančić
Izvadanje gradnja I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	14	26	12	28	

II. Gradevno-inženjerski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
I. Godište.					
Matematika I i II	4	3	4	3	Dr. Ž. Marković
Deskriptivna geometrija I i II	4	4	4	4	J. Božičević
Fizika	2	4	2	4	Dr. I. Plotnikov
Mehanika I i II	4	2	4	2	Dr. M. Prejac
Gradevne konstrukcije I	4	6	4	6	Ing. Z. Vrkljan
Geodezija I i II	4	5	4	5	Ing. P. Horvat
Ukupno	22	24	22	24	
II. Godište.					
Matematika	4	2	—	—	Dr. Ž. Marković
Nauka o čvrstoći I i II	3	2	2	2	Dr. K. Čališev
Gradevna statika I	—	—	4	4	Dr. K. Čališev
Gradevne konstrukcije II	4	4	4	6	Ing. Z. Vrkljan
Arhitektura I i II	2	2	2	—	Arh. Č. Ivekovič
Geodezija III	3	4	—	—	Ing. P. Horvat
Kemijska tehnologija gradiva	—	—	3	—	I. Marek
Ispitivanje gradiva	3	—	—	6	Dr. K. Čališev
Petrografija	2	1	—	—	Dr. F. Šuklje
Geologija	—	—	4	2	Dr. F. Šuklje
Elektrotehnika I i II	2	—	2	—	Ing. R. Fantoni
Hidraulika	2	2	—	—	D. Ruzskij
Gradnja cesta i željeznica I-1	—	—	3	—	Ing. J. Alačević
Ukupno	25	17	24	20	
Preporuča se:					
Matematika IV	—	—	3	2	Dr. Ž. Marković
Spec. poglavlja iz deskr. geom.	—	—	2	2	J. Božičević
Spec. poglav. iz teh. mehanike	—	—	3	2	Dr. K. Čališev

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
III. Godište.					
Gradevna statika II	4	4	—	—	Dr. K. Čališev
Gradnja cesta i željez. I-2, I-3	6	4	4	8	Ing. J. Alačević
Mostogradnje I	5	—	4	4	Ing. M. Čalogović
Vodogradnje I	3	2	4	2	Ing. S. Bella
Željezno-betonske konstrukcije		—	3	2	Ing. A. Kaiser
Vodogradnje II	4	2	6	2	Ing. V. Rieszner
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni	—	—	3	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	25	12	24	18	
Preporuča se:					
Ribarstvo	2	2	2	2	Ing. J. Ivančić
IV. Godište.					
Gradnja cesta i željez. I-4	—	4	—	—	Ing. J. Alačević
Gradnja tunela	3	—	—	—	Ing. J. Alačević
Grad. cesta i željez. II-1, II-2,	4	4	4	4	Ing. V. Žakić
Mostogradnje II	4	4	4	4	Ing. M. Čalogović
Vodogradnje III	3	2	2	2	Ing. S. Bella
Vodogradnje IV	4	4	—	4	Ing. V. Rieszner
Izvadanje gradnja I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Strojarstvo	—	—	3	—	Ing. Kürschner
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	24	20	19	16	

III. Geodetsko- i kulturno-inženjerski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
I. Godište.					
Matemitika I i II	4	3	4	3	Dr. Ž. Marković
Deskriptivna geometrija I i II	4	4	4	4	J. Božičević
Fizika I i II	2	4	2	4	Dr. I. Plotnikov
Mehanika I i II	4	2	4	2	Dr. M. Prejac
Geodezija I i II	4	7	4	7	Ing. P. Horvat
Terensko crtanje I i II.	—	3	—	3	Ing. M. Krekoviċ
Numeričko rač. i trigonometr. I	2	2	—	—	Dr. V. Vranić
Trigonometrija II	—	—	2	2	Dr. V. Vranić
Ukupno	20	25	20	25	
II. Godište.					
Matematika III. i IV.	4	2	3	—	Dr. Ž. Marković
Matematički seminar	—	—	—	2	Dr. Ž. Marković
Geodezija III i IV	3	4	3	8	Ing. P. Horvat
Geodetsko računanje	—	6	—	4	Ing. P. Horvat
Terensko crtanje III i IV	—	4	—	4	Ing. M. Krekoviċ
Petrografija	2	1	—	—	Dr. F. Šuklje
Geologija	—	—	4	2	Dr. F. Šuklje
Geofizika	1	—	1	—	Dr. S. Škreb
Hidraulika	2	2	—	—	D. Ruzskij
Fotografija	—	—	2	2	J. Božičević
Osniv. i izmjera gradova I i II	3	2	1	2	Ing. M. Krekoviċ
Graditeljstvo	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Gradnja cesta i željeznica I-1	—	—	3	—	Ing. J. Alačević
Ukupno	17	23	19	26	
Preporuča se:					
Spec. poglav. iz deskr. geom.	—	—	2	2	J. Božičević

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
III. Godište.					
Vodogradnje I	3	2	4	2	Ing. S. Bella
Astronomija	—	—	3	—	Dr. Ž. Marković
Kartografija I i II	3	1	3	1	N. Abakunov
Gradnja cesta i želj. I-2 i I-3	6	4	4	8	Ing. J. Alačević
Rudarstvo i rudaska mjerenja	—	—	3	2	Ing. D. Frost
Državna izmjera I i II	4	4	4	4	N. Abakunov
Reprodukcija karata	—	2	—	—	I. Novak
Uod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni	—	—	3	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	19	13	24	17	
IV. Godište.					
Viša geodezija I i II	4	3	4	2	N. Abakunov
Sferna astronomija	2	2	2	2	N. Abakunov
Fotogrametrija		—	2	2	N. Abakunov
Agrarne operacije I i II	4	6	4	6	Ing. P. Horvat
Vodogradnje III	—	—	2	2	Ing. S. Bella
Gospodarsto	3	—	—	2	Dr. K. Šoštarić
Gradnja cesta i željeznica I-4	—	4	—	—	Ing. J. Alačević
Ribarstvo I i II	2	2	2	2	Ing. Ivančić
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	19	17	20	18	
Preporuča se:					
Gradnja tunela	3	—	—	—	Ing. J. Alačević

IV. Strojarsko- i elektro-inženjerski odio.

a) Strojarski i elektro-strojarski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Ž. s.		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
I. Godište.					
Matematika I i II	4	3	4	3	Dr. Ž. Marković
Deskriptivna geometrija I i II .	4	4	4	4	J. Božičević
Fizika I i II	2	4	2	4	Dr. J. Plotnikov
Mehanika I i II	4	2	4	2	Dr. M. Prejac
Konstruk. stroj. dijelova I i II	3	6	3	8	Ing. J. Bonceli
Mehan. tehnol. I (Metalurgija)	3	—	—	—	Dr. F. Hanaman
Mehanička tehnologija II . .	—	—	3	—	Ing. Đ. Stipetić
Ukupno . . .	20	19	20	21	
II. Godište.					
Matematika III	4	2	—	—	Dr. Ž. Marković
Nauka o čvrstoći I i II . . .	3	2	2	2	Dr. K. Čališev
Ispitivanje gradiva	3	2	—	—	Dr. K. Čališev
Građevna statika I	—	—	4	4	Dr. K. Čališev
Osnovi elektrotehnike I i II .	3	2	3	2	Dr. J. Lončar
Tehnička termodinamika . .	—	—	4	2	Ing. J. Miler
Konstruk. strojevnih dijelova III	3	8	—	—	Ing. J. Bonceli
Prenosila i dizala I	—	—	4	—	Ing. J. Bonceli
Hidraulika	2	1	—	—	Prof. D. Ruzskij
Hidraulički strojevi I	—	—	4	—	Prof. D. Ruzskij
Mehanička tehnologija III i IV	4	2	—	2	Ing. Đ. Stipetić
Hemijska tehnologija . . .	3	—	—	—	Prof. I. Marek
Vježbe u strojarskom labor. .	—	—	—	3	Ing. L. Sorta
Ukupno . . .	25	19	21	15	
Preporuča se:					
Matematika IV	—	—	3	2	Dr. Ž. Marković
Spec. poglavlja iz deskr. geom	—	—	2	2	J. Božičević
Kinematika i dinamika strojeva	—	—	2	2	Ing. A. Šahnazarov

b) Strojarski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Z. s.		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
III. Godište.					
Teorija parnih strojeva . . .	4	2	—	—	Ing. J. Miler
Gradnja parnih strojeva I . .	—	—	4	6	Ing. J. Miler
Parne turbine	5	2	—	—	Ing. J. Miler
Gradnja parnih turbina I . . .	—	—	—	8	Ing. J. Miler
Parni kotlovi	2	2	—	—	Ing. L. Sorta
Hidraulički strojevi I	—	4	—	—	D. Ruzskij
Hidraulički strojevi II	3	—	—	4	D. Ruzskij
Radni strojevi I i II	3	2	3	2	Ing. A. Šahnazarov
Radni strojevi, vježbe u laborat.	—	—	—	2	Ing. A. Šahnazarov
Jaka struja I	4	2	4	2	M. Plohl
Akumulatori	—	—	1	—	M. Plohl
Električna mjerenja	—	2	—	—	Dr. J. Lončar
Prenosila i dizala II	—	6	—	—	Ing. J. Bonceli
Vježbe u strojar. laboratoriju .	—	3	—	—	Ing. L. Sorta
Brodski parni strojevi I . . .	—	—	3	—	Ing. J. Miler
Geodezija	—	—	2	2	Ing. P. Horvat
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni . .	—	—	3	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	24	25	20	26	
Preporuča se:					
Uvod u radio	—	—	2	—	Dr. J. Lončar
IV. Godište.					
Gradnja parnih strojeva II i III	—	3	—	4	Ing. J. Miler
Gradnja parnih turbina II i III	—	3	—	4	Ing. J. Miler
Lokomotive	—	—	2	2	„ J. Mattes
Eksplozioni motori	4	4	—	—	Ing. J. Miler
Kompresori i rashladni strojevi	2	2	1	1	Ing. J. Miler
Jaka struja II	4	2	4	2	M. Plohl
Jaka struja, vježbe u laborat. .	—	2	—	—	M. Plohl
Prenos i razdioba elektr. energ.	1	—	—	—	M. Plohl
Uprava i pogon tvornica I i II	2	1	2	1	Ing. Đ. Stipetić
Graditeljstvo I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Građevno inženjerstvo . . .	2	—	2	2	Ing. J. Ivančić
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	21	19	17	18	

c) Elektro-strojarski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Z. s		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
III. Godište.					
Jaka struja I	4	4	4	4	M. Plohl
Akumulatori	—	—	1	2	M. Plohl
Prenos i razdioba elektr. energ. I	—	—	2	2	M. Plohl
Teorija parnih strojeva . . .	4	2	—	—	Ing. J. Miler
Gradnja parnih strojeva I . .	—	—	4	4	„ J. Miler
Parne turbine	5	2	—	—	„ J. Miler
Gradnja parnih turbina I . . .	—	—	—	5	„ J. Miler
Parni kotlovi	2	2	—	—	Ing. L. Sorta
Hidraulički strojevi I	—	4	—	—	D. Ruzskij
Hidraulički strojevi II	3	—	—	4	D. Ruzskij
Brodski parni strojevi I . . .	—	—	3	—	Ing. J. Miler
Električna mjerenja	—	2	—	—	Dr. J. Lončar
Radni strojevi, vježbe u laborat.	—	—	—	2	Ing. A. Šahnazarov
Jaka struja, vježbe u laborator.	—	—	—	3	M. Plohl
Vježbe u strojarskom laborat.	—	3	—	—	Ing. L. Sorta
Geodezija	—	—	1	2	Ing. P. Horvat
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni . .	—	—	3	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	21	19	19	28	
IV. Godište.					
Jaka struja II	4	6	4	6	M. Plohl
Prenos i razdioba elektr. ener. II i III	2	2	2	2	M. Plohl
Gradnja par. strojeva II i III .	—	2	—	3	Ing. J. Miler
Gradnja parnih turbina II i III	—	2	—	2	Ing. J. Miler
Lokomotive	—	—	2	2	Ing. J. Mattes
Eksplozioni motori	4	4	—	—	Ing. J. Miler
Kompresori i rashladni strojevi	2	—	1	—	Ing. J. Miler
Uprava i pogon tvornica I i II	2	1	2	1	Ing. Gj. Stipetić
Graditeljstvo I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Jaka struja, vježbe u laborat. .	—	3	—	3	M. Plohl
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	20	22	17	21	

V. Brodograđevno- i brodostrojarsko-inženjerski odio.

a) Brodograđevni i brodostrojarski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Z. s.		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
I. Godište.					
Matematika I i II	4	3	4	3	Dr. Ž. Marković
Deskriptivna geometrija I i II	4	4	4	4	J. Božičević
Fizika I i II	2	4	2	4	Dr. I. Plotnikov
Mehanika I i II	4	2	4	2	Dr. M. Prejac
Konstruk. strojev. dijelova I i II	3	6	3	6	Ing. J. Boncelj
Mehanička teh. I. (Metalurgija)	3	—	—	—	Dr. F. Hanaman
Mehanička tehnologija II . . .	—	—	3	—	Ing. Đ. Stipetić
Crtanje brodskih linija I i II .	—	4	—	4	Ing. L. Sorta
Ukupno . . .	20	23	20	23	
II. Godište.					
Matematika III	4	2	—	—	Dr. Ž. Marković
Nauka o čvrstoći I i II . . .	3	2	2	2	Dr. K. Čališev
Ispitivanje gradiva	3	2	—	—	Dr. K. Čališev
Građevna statika I	—	—	4	4	Dr. K. Čališev
Osnovi elektrotehnike I i II .	3	2	3	2	Dr. J. Lončar
Tehnička termodinamika . .	—	—	4	2	Ing. J. Miler
Konstrukcija stroj. dijelova III	3	4	—	—	Ing. J. Boncelj
Prenosila i dizala I	—	—	4	—	Ing. J. Boncelj
Teorija broda I i II	3	2	3	4	Ing. L. Sorta
Elementi broda I i II . . .	2	2	3	3	Ing. Đ. Stipetić
Mehanička tehnologija III i IV	4	2	—	2	Ing. Đ. Stipetić
Hemijska tehnologija . . .	3	—	—	—	I. Marek
Vježbe u strojarskom laborat.	—	—	—	3	Ing. L. Sorta
Ukupno . . .	28	18	23	22	
Preporuča se:					
Matematika IV	—	—	3	2	Dr. Ž. Marković
Spec. poglavlja iz deskr. geom.	—	—	2	2	J. Božičević
Kinematika i dinamika strojeva	—	—	2	2	Ing. A. Šahnazarov

b) Brodograđevni odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Z. s.		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
III. Godište.					
Teorija broda III i IV . . .	2	4	2	2	Ing. L. Sorta
Osnivanje broda I i II . . .	2	6	2	10	Ing. Đ. Stipetić
Parne turbine	5	2	—	—	Ing. J. Miler
Brodski kot. i pom. stroj. I i II	3	4	3	4	Ing. L. Sorta
Teorija parnih strojeva . . .	4	2	—	—	Ing. J. Miler
Gradnja parnih strojeva . . .	—	—	4	—	„ J. Miler
Brodska elektrotehnika I .	—	—	2	1	M. Plohl
Električna mjerenja	—	2	—	—	Dr. J. Lončar
Prenosila i dizala II	—	4	—	—	Ing. J. Boncelj
Vježbe u strojarskom laborat.	—	3	—	—	Ing. L. Sorta
Brodski parni strojevi I . . .	—	—	3	—	Ing. J. Miler
Geodezija	—	—	2	2	Ing. P. Horvat
Uvod u pravne nauke . . .	3	—	—	—	Dr J. Belobrk
Specijalni upravni zakoni . .	—	—	3	—	Dr J. Belobrk
Ukupno . . .	19	27	21	19	
Preporuča se:					
Radni strojevi I i II	3	2	3	2	Ing. A. Šahnazarov
Radni strojevi, vježbe u labor.	—	—	—	2	Ing. A. Šahnazarov
Uvod u radio	—	—	2	—	Dr. J. Lončar
Spec. poglavlja iz teh. meh. .	—	—	3	2	Dr K. Čališev
IV. Godište.					
Osnivanje broda III	2	10	—	10	Ing. Đ. Stipetić
Eksplozioni motori	4	—	—	—	Ing. J. Miler
Kompresori i rashladni strojevi	2	2	1	1	„ J. Miler
Propeleri	2	2	—	—	Ing. L. Sorta
Brodogradilišta	—	—	2	2	Ing. Đ. Stipetić
Brodska elektrotehnika II . .	2	1	—	—	M. Plohl
Uprava i pogon tvornica I i II	2	1	2	1	Ing. Đ. Stipetić
Graditeljstvo I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Nacionalna ekonomija . . .	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	20	18	11	16	
Preporuča se:					
Uvod u radio	—	—	2	—	Dr. J. Lončar

c) Brodostrojarski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju				Nastavnici
	Z s.		Lj. s.		
	Predavanja	Vježbe	Predavanja	Vježbe	
III. godište.					
Teorija broda III i IV	2	2	2	—	Ing. L. Sorta
Osnivanje broda I i II . . .	2	4	2	2	Ing. Đ. Stipetić
Parne turbine	5	2	—	—	Ing. J. Miler
Brodski kot. i pom. stroj I i II	3	6	3	4	Ing. L. Sorta
Teorija parnih strojeva . . .	4	2	—	—	Ing. J. Miler
Gradnja parnih strojeva I . .	—	—	4	—	Ing. J. Miler
Brodska elektrotehnika I . .	—	—	2	1	M. Plohl
Električna mjerenja	—	2	—	—	Dr. J. Lončar
Prenosila i dizala II	—	4	—	—	Ing. J. Boncelj
Vježbe u strojarskom laborat.	—	3	—	—	Ing. L. Sorta
Brodski parni strojevi I . . .	—	—	3	3	Ing. J. Miler
Geodezija	—	—	2	2	Ing. P. Horvat
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Socijalni upravni zakoni . . .	—	—	3	3	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	19	25	21	19	
Preporuča se:					
Radni strojevi I i II	3	2	3	2	Ing. A. Šahnazarov
Radni strojevi, vježbe u labor.	—	—	—	2	Ing. A. Šahnazarov
Uvod u radio	—	—	2	—	Dr. J. Lončar
Spec. poglavlja iz tehn. meh. .	—	—	3	2	Dr. K. Čališev
IV. godište.					
Osnivanje broda III	2	—	—	—	Ing. Đ. Stipetić
Eksplozioni motori I i II . .	4	4	—	4	Ing. J. Miler
Kompresori i rashladni strojevi	2	2	1	1	Ing. J. Miler
Propeleri	2	2	—	—	Ing. L. Sorta
Brodski parni strojevi II i III	—	6	—	8	Ing. J. Miler
Brodogradilišta	—	—	2	2	Ing. Đ. Stipetić
Brodska elektrotehnika II . .	2	1	—	—	M. Plohl
Uprava i pogon tvornica I i II	2	1	2	1	Ing. Đ. Stipetić
Graditeljstvo I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Nacionalna ekonomija . . .	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno . . .	20	18	11	18	
Preporuča se:					
Uvod u radio	—	—	2	—	Dr. J. Lončar

VI. Hemijsko-inženjerski odio.

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
I. Godište.					
Anorganska hemija I i II	4		2	—	Dr. V. Njegovan
Analitička hemija I	—	—	2	—	Dr. V. Njegovan
Vježbe iz anorg. i analit. hem. I i II	—	12	—	12	Dr. V. Njegovan
Fizika I i II	2	4	2	4	Dr. I. Plotnikov
Organska hemija I	—	—	5	—	I. Marek
Mineralogija I i II	3	2	1	2	Dr. F. Šuklje
Matematika I i II	4	2	4	2	Dr. Ž. Marković
Mehanika I i II	2	1	2	1	Dr. M. Prelac
Konstruk. strojevnih dijelova I.	3	2	—	—	Ing. J. Boncelj
Opće strojarstvo I	—	—	3	2	Ing. E. Kürschner
Ukupno	18	23	21	23	
II. Godište.					
Organska hemija II	5	—	—	—	I. Marek
Analitička hemija II	2	—	—	—	Dr. V. Njegovan
Vježbe iz anorg. i analit. kem. III i IV	—	16	—	16	Dr. V. Njegovan
Anorg. hem. tehnologija I	—	—	3	—	Dr. F. Hanaman
Fizička hemija I i II	4	—	4	—	Dr. I. Plotnikov
Petrografija	2	1	—	—	Dr. F. Šuklje
Mehanička tehnologija	—	—	2	2	Ing. A. Šahnazarov
Tehnička botanika	4	—	—	—	Dr. I. Horvat
Tehnička mikroskopija	—	—	—	3	Dr. I. Horvat
Graditeljstvo I i II	2	2	2	2	Arh. J. Holjac
Opće strojarstvo II	3	2	—	—	Ing. E. Kürschner
Ukupno	22	21	11	23	

Predmeti	Broj sati na nedjelju Z. s. Predavanja	Z. s. Vježbe	Lj. s. Predavanja	Lj. s. Vježbe	Nastavnici
III. Godište.					
Analitička hemija III	—	—	2	—	Dr. V. Njegovan
Anorg. hem. tehnologija II i III	3	—	3	—	Dr. F. Hanaman
Metalurgija	3	—	—	—	Dr. F. Hanaman
Vježb. iz anorg. hem. tehnol. I II	—	16	—	16	Dr. F. Hanaman
Vježbe iz fizičke hemije	—	8	—	8	Dr. I. Plotnikov
Tehnička mikologija I i II	3	2	2	4	Dr. Lj. Gutschy
Elektrotehnika I i II	2	—	2	—	Ing. R. Fantoni
Uvod u pravne nauke	3	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	14	26	9	28	
IV. Godište.					
Organska hem. tehnol. I i II	5	—	5	—	Dr. V. Koudelka
Vježbe iz org. hem. tehnol. I i II	—	6	—	6	Dr. V. Koudelka
Organska kem. tehnologija III	3	—	—	—	Dr. M. Krajčinović
Hemija životnih namirnica	—	—	2	4	Dr. M. Krajčinović
Vježbe iz org. prep. hemije	—	16	—	—	I. Marek
Uprava i pogon tvornica I i II	2	1	2	1	Ing. Đ. Stipetić
Vježbe u laborat. po izboru	—	—	—	16	Dr. V. Njegovan, I. Marek, Dr. I. Plotnikov, Dr. F. Hanaman, Dr. V. Koudelka
Nacionalna ekonomija	4	—	—	—	Dr. J. Belobrk
Financijalna znanost	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Socijalna politika	—	—	2	—	Dr. J. Belobrk
Ukupno	14	23	13	27	
Preporuča se:					
Vježbe iz fotografije	—	—	4	—	Dr. J. Plotnikov
Uloga hemije u nar. odbrani	2	—	2	—	I. V. Voljanski

redovnih i vanrednih profesora te docenata smatra, da je predloženi kandidat izabran tek onda, ako za nj glasuje nadpolovična većina svih članova profesorskoga vijeća, a ne samo većina, koja je kod izbora prisutna. Obje su se te prakse pokazale vrlo korisnima.

S izborom nastavnika bilo je uopće dosta neprilika. Naročito za stručne predmete bilo je vrlo teško naći podesne nastavnike. Budući da je u nas bilo dovoljno osoblja arhitektonske i građevne struke našlo se za predmete tih struka dovoljan broj nastavnika. Kako se tu gotovo isključivo radilo o osobama, koje su bile u državnoj službi (naročito u srednjoj tehničkoj školi i u geodetskom tečaju) lako ih je bilo predobiti za imenovanje profesorima.

Teže je bilo naći nastavnike za strojarske i elektrotehničke predmete, pak i danas, nakon 10 godina postanka ovoga zavoda, ti odjeli imadu najmanji broj stalnih nastavnika.

Da se za strojarske predmete našlo malo nastavnika, ima tome više razloga. Industrija je u Hrvatskoj, Slavoniji, Dalmaciji te Bosni i Hercegovini bila posve zapuštena, dok su te zemlje bile u sklopu Austro-Ugarske. U koliko je ta industrija i postojala bila su to gotovo od reda tuđinska poduzeća, koja su namještala i inženjere tuđe narodnosti. Hrvat ili Srbin mogao je gotovo stalno računati, da kao strojarski inženjer ne će u svojoj užoj domovini dobiti namještenja. Zato se našlo malo naših ljudi, koji su na tehnikama slušali strojarstvo ili elektrotehniku. Dok je Hrvatska vlada u Zagrebu obilno podupirala stipendijama one, koji su slušali građevno-inženjerski odio, za strojarstvo nije davala stipendija, jer za takove inženjere nije imala mjesta u državnoj službi. U koliko je i bilo mjesta na državnoj željeznici, tu su se i opet od reda namještali Madžari. Onaj mali broj strojarskih inženjera našao je zaposlenja većinom u tuđim državama. Nakon ujedinjenja prilike su se u tom pogledu znatno popravile. Dižu se industrijska poduzeća na sve strane, pa tako i naši strojarski inženjeri nalaze zaposlenja u svojoj državi. Kako su stariji inženjeri u privatnoj službi daleko bolje plaćeni, nego li redovan sveučilišni profesor najvišeg plaćevnog stepena, nijedan inženjer strojarstva i elektrotehnike i ne pomišlja da unosnu privatnu službu i praksu zamijeni državnom službom. Takove inženjere nije se dakle moglo predobiti za profesorsko zvanje, ili ako su pristali, tražili su takove plaće, koje im se nijesu mogle dati.

Za predmete, za koje se nijesu mogli naći stalni profesori i za predmete, koji se predaju mali broj sati, izabrani su i imenovani honorarni docenti. No i pored toga i stalni profesori bili su prisiljeni, da zbog nedostatka sposobnih sila, preuzmu mnoge predmete kao honorarni nastavnici. Neki su od tih nastavnika upravo preopterećeni predavanjima i vježbama, što se nikako ne može odobriti, ali se moralo tome pribjeći, kad nije bilo drugog izlaza. Profesorsko je vijeće stajalo pred alternativom ili da neke odjele zatvori ili da predavanja povjeri stalnim nastavnicima, koji su se gotovo bez iznimke žrtvovali te preuzeli nova predavanja, samo da ne bude u obuci zastoja.

Kako se za neke struke nije moglo naći sposobnih domaćih sila izabrani su za te struke strani državljani, naročito Rusi i Česi, te su imenovani kontraktualnim redovnim ili vanrednim profesorima.

Donosimo nekoliko tablica, koje se odnose na broj svih nastavnika i predmeta za prvih 10 godina opstanka bivše Tehničke visoke škole odnosno Tehničkog fakulteta.

Tablica br. I.

Pregled nastavnika.

Redni broj	Školska god.	Profesori		Suplenti	Pozvani učitelji	Docenti		Pridijeljeni prof.	Honorirani učitelji	Kontraktualni			Ukupno	Redoviti i vanredni profesori honorirani docenti	Usve
		redoviti	vanredni			privatni	honorirani			redoviti profesori	vanredni profesori	učitelji			
1	1919./20.	13	1	2	1	1	4	—	1	—	—	—	23	—	23
2	1920./21.	14	3	1	2	1	5	1	1	—	—	—	28	1(6)	29
3	1921./22.	14	4	1	—	—	11		7	4	—	—	41	7(45)	48
4	1922./23.	17	3	—	—	—	21	—	4	4	—	—	49	10(80)	59
5	1923./24	22	1	—	—	—	20	—	3	5	1	—	52	14(110)	66
6	1924./25.	20	1	—	—	1	19	—	5	4	2	—	52	15(122)	67
7	1925./26.	18	1	—	—	1	20	—	6	4	2	—	52	17(153)	69
8	1926./27.	19	1	—	—	1	22	—	4	4	1	1	53	14(129)	67
9	1927./28.	20	2	—	—	1	23	—	4	4	—	1	55	14(142)	69
10	1928./29.	20	2	—	—	1	25	—	4	4	—	1	57	11(115)	67

Tablica br. II.

Broj predmeta i ukupni broj sati na tjedan.

Poljeće	Broj predmeta i sati		Školska godina									
			1919./20.	1920./21.	1921./22.	1922./23.	1923./24.	1924./25.	1925./26.	1926./27.	1927./28.	1928./29.
zimsko	Broj	predmeta	18	50	75	112	111	109	112	118	122	122
		sati	132	284	426	678	640	636	692	630	685	692
ljetno	Broj	predmeta	37	59	86	106	124	123	120	136	139	138
		sati	185	328	391	669	705	711	681	770	774	748

U tablici br. I. donešen je ukupni broj svih nastavnika prema njihovom službenom nazivu. Škol. god. 1928/29. bilo je svih redovnih i vanrednih profesora 25, a docenata i učitelja 31, u svemu 56. No ima 11 redovnih i vanrednih profesora, koji predaju neke glavne predmete u svojstvu honorarnih nastavnika. Kad bi se za te predmete imenovale druge ličnosti u svojstvu honorarnih nastavnika, tad bi i broj tih nastavnika morao biti veći, te bi iznosio 42. Ako se pak uzme u obzir, da mnogi stalni profesori predaju uz honorar po više predmeta. bio bi broj nastavnika znatno veći, kad bi se za svaki taj predmet imenovao stalan profesor ili honorarni docent.

U tablici br. I. naveden je u pretposljednjem stupcu broj redovnih i vanrednih profesora, koji su pored svojih redovnih dužnosti predavali i druge predmete. Brojevi u zagradi naznačuju ukupni broj sati, koji na tjedan otpadaju na te predmete. U posljednjem je stupcu naznačeno koliki bi bio ukupni broj nastavnika, kad bi umjesto stalnih nastavnika za predmete koje predaju uz honorar, bile imenovane druge osobe. No osim obveznih predmeta ima još mnoštvo predmeta, koje su za tehničara od velike važnosti, pa bi ih valjalo predavati barem kao neobavezne predmete, a ne predaju se, jer nema podesnih nastavnika ili sredstava, da se te nastavnike primjereno nagradi.

Kad bi za predmete, što ih uz honorar predaju redovni i vanredni profesori, bile imenovane nove osobe kao honorarni docenti, onda bi se omjer stalnih nastavnika prema honorarnim znatno promjenio. Valja imati na umu, da u drugim fakultetima gotovo i nema honorarnih nastavnika ili ih ima samo mali broj i da honorarni docenti predaju na Tehničkom fakultetu same obavezne predmete. Honorirani se docenti uzimlju samo iz nužde, pak bi valjalo budžetom osigurati veći broj stalnih nastavnika, kako bi se umanjio broj honoriranih docenata i učitelja.

Iz tablice br. II. vidi se, koliko se svake školske godine u zimskom i ljetnom polječu predavalo predmeta i kolik je bio ukupan broj sati na nedjelju. Škol. god. 1919/20. bilo je otvoreno samo I. godište, pa kako su se otvarala nova godišta, rastao je broj predmeta i sati.

Ovdje valja opaziti da brojevi u tablici br. II. nijesu posve pouzdani, naročito za nekoliko prvih godina. Ti su brojevi izvađeni iz tiskanog reda odnosno popisa predavanja, no sva ta predavanja nijesu se uvijek držala i to zbog pomanjkanja nastavnika, pak su se obično prenosila na slijedeću školsku godinu.

Na koncu donosimo popis svih nastavnika, koji su školske godine 1928/29. vršili svoju službu na tehničkom fakultetu.

B i l j e š k a. Škol. god. 1919/20. bio je tehničkoj visokoj školi pridijeljen i trgovački tečaj. Kako je već naredne škol. godine bila osnovana samostalna Visoka škola za trgovinu i promet, otpao je trgovački tečaj na tehnici, pak u tablicama I.—II. nijesu unešeni ni nastavnici ni predmeti, koji su se u tom tečaju predavali.

Popis nastavnika na koncu škol. godine 1928./29.

a) Redovni profesori.

1. Čalogović ing. Milan za gradnju mostova (imenovan dne 18. IV. 1919.)
2. Horvat ing. Pavao za nižu geodeziju (imenovan dne 3. IX. 1919.)
3. Šen arh. Edo za graditeljstvo. (Imenovan dne 3. IX. 1919.)

4. Njegovan dr. techn. Vladimir, za anorgansku i analitičku hemiju. (Imenovan dne 3. IX. 1919.)
5. Marek Ivan, za organsku hemiju. (Imenovan dne 27. I. 1920.)
6. Stipetić ing. Gjuro za brodogradnju. (Imenovan dne 27. I. 1920.)
7. Belobrk dr. Josip za pravne nauke. (Imenovan dne 27. I. 1920.)
8. Iveković arh. Ćiril M. za arhitektonske oblike. (Imenovan dne 17. VI. 1920.)
9. Plotnikov dr. phil. i chem. Ivan za fiziku i fizičku hemiju. (Imenovan dne 17. IV. 1921. kontrak. red. prof., a 19. VI. 1926. redov. profesorom).
10. Miler ing. Josip za termodinamiku i toplinske strojeve. (Imenovan dne 17. IV. 1921. kontrak. red. prof., a 5. VIII. 1928. red. prof.)
11. Marković dr. phil. Željko za matematiku. (Imenovan dne 27. I. 1920. vanred. prof. a 27. VI. 1921. red. prof.)
12. Bella ing. Stjepan za vodogradnje I. (Imenovan dne 27. VI. 1921.)
13. Hanaman dr. ing. Franjo za anorgansku hemijsku tehnologiju i metalurgiju. (Imenovan dne 28. IV. 1922.)
14. Božićević Juraj, za destriktivnu geometriju. (Imenovan dne 17. VI. 1920. vanred. prof., a dne 28. IV. 1922. red. prof.)
15. Alačević ing. Jerko za gradnju cesta i željeznica I. (Imenovan dne 28. IV. 1922.)
16. Prejac dr. phil. Milivoj za teoretsku mehaniku. (Imenovan dne 17. VI. 1920. vanred. prof., a 8. XI. 1922. red. prof.)
17. Rieszner ing. Valerije za vodogradnje II. (Imenovan dne 8. IX. 1922.)
18. Sorta ing. Leopold za teoriju broda. (Imenovan dne 17. IV. 1921. vanred. prof. a 19. II. 1923. red. prof.)
19. Holjac arh. Janko za gospodarsko i industrijsko graditeljstvo. (Imenovan dne 19. II. 1923.)
20. Ehrlich arh. Hugo za arhitektonske kompozicije. (Imenovan dne 7. IX. 1927.)
21. Boncelj ing. Josip za konstrukciju strojevnih dijelova. (Imenovan dne 28. X. 1927.)

b) Vanredni profesori.

22. Vukić Milan, za ornamentalno i figuralno crtanje. (Imenovan dne 8. XI. 1922.)
23. Čališev dr. ing. Konstantin za nauku o čvrstoći i građevnu statiku. (Imenovan dne 1. III. 1928.)

c) Kontraktualni profesori.

24. Ruzskij-Pavlović ing. Dimitrije za hidrauličke strojeve.
25. Abakumov-Pavlović Nikolaj, za višu geodeziju i sfernu astronomiju.
26. Plohl Miroslav, za jaku struju.

d) Honorarni docenti.

1. Crnić ing. Miodrag za grijanje i zračenje.
2. Fantoni ing. Rajmund (red. profesor gospodarsko-šumarskog fakulteta u Zagrebu) za enciplopediju elektrotehnike.
3. Flögl ing. Stanko (vanredni profesor gospodarsko-šumarskog fakulteta u Zagrebu) za građevnu mehaniku.

4. Frost Vladimirov ing. Dimitrije (redovni profesor Tehničkog fakulteta u Ljubljani) za rudarstvo i rudaska mjerenja.
5. Gutschy dr. med. Ljudevit (vanredni profesor Gospodarsko-šumarskog fakulteta u Zagrebu) za tehničku mikologiju.
6. Horvat dr. phil. Ivan za tehničku botaniku i mikroskopiju.
7. Ivančić ing. Josip za građevno inženjerstvo i ribarstvo.
8. Jean Robert, za modelovanje.
9. Kaiser ing. Aleksander za željezne i željezno-betonske konstrukcije.
10. Kirin Vladimir, za perspektivno crtanje.
11. Kljaković Jozo (profesor akademije za umjetnost u Zagrebu), za crtanje akta.
12. Knoll dr. phil. Petar, za povijest umjetnosti.
13. Koudelka dr. agr. Viktor (redovni prof. Gospodarsko-šumarskog fakulteta u Zagrebu), za organsku hemijsku tehnologiju.
14. Krajčinović dr. ing. Matija, za organsku hemijsku tehnologiju i hemiju životnih namirnica.
15. Kreković Milan, za osnivanje i izmjeru gradova i terensko crtanje.
16. Kürschner ing. Eduard, za opće strojarstvo.
17. Lapenna ing. Petar, za gradnju cesta i željeznica I. (vježbe).
18. Lončar dr. phil. Josip za osnove elektrotehnike i električna mjerenja.
19. Mates ing. Josip, za lokomotive.
20. Novak Ivan, za reprodukciju karata.
21. Sinković ing. Milko, za gradnju cesta i željeznica II. (vježbe).
22. Šahnazarov ing. Artemij, za radne strojeve i mehaničku tehnologiju (za hem.).
23. Škreb dr. phil. Stjepan, za geofiziku.
24. Šoštarić-Pisačić dr. agr. Karlo, za gospodarstvo.
25. Šuklje dr. phil. Fran, za mineralogiju, petrografiju i geologiju.
26. Voljanski ing. Ivan, za ulogu hemije u narodnoj obrani.
27. Vranić dr. phil. Vladimir, za numeričko računanje i trigonometriju, privatni docent za teorije realnih funkcija.
28. Vrkljan ing. Zvonimir, za građevne konstrukcije.
29. Žakić ing. Vladimir, za gradnju cesta i željeznica II.

Bivši organizatori, rektori, dekani i profesori bivše tehničke visoke škole.

a) Organizatori.

Havliček prof. dr. ing. Jaroslav, Pilar prof. arh. Martin, Čalogović prof. ing. Milan.

b) Rektori.

1919/1920. Šen prof. arh. Edo.
1920/1921. Kiseljak prof. dr. Marije.
1921/1922. Stipetić prof. ing. Gjuro.
1922/1923. i 1923/1924. Koch prof. Ferdo.
1924/1925. Hanaman prof. dr. ing. Franjo.
1925/1926. Stipetić prof. ing. Gjuro.

c) Dekani.

1919/1920. Horvat prof. Pavle, Kiseljak dr. Marije.
1920/1921. Njegovan prof. dr. Vladimir, Filkuka prof. Vladimir, Belobrk prof. dr. Josip.
1921/1922. Gentzkov prof. arh. Karlo, Marković dr. Željko, Koch prof. Ferdo.
1922/1923. i 1923/1924. Iveković prof. arh. M. Ćiril, Božićević prof. Juraj, Hanaman prof. dr. ing. Franjo.
1924/1925. Iveković prof. arh. M. Ćiril, Božićević prof. Juraj, Njegovan prof. dr. Vladimir.
1925/1926. Holjac prof. arh. Janko, Marković prof. dr. Željko, Prejac prof. dr. Milivoj, Njegovan prof. dr. Vladimir.

d) Bivši dekani tehničkog fakulteta.

1926/1927. Belobrk prof. dr. Josip.
1927/1928. Stipetić prof. ing. Gjuro.
1928/1929. Holjac prof. arh. Janko.

c) Bivši profesori.

1. Havliček dr. phil. ing. Jaroslav, redovni profesor teorije strojeva i uređenja električnih centrala.
2. Pilar arh. Martin, redovni profesor zgradarstva, ovlašteni civilni arhitekt, član Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti.
3. Filkuka Vladimir, redovni profesor primjenjene geodezije.
4. Koch Ferdo, redovni prof. mineralogije i geologije, predstojnik mineraloško-geološkog zavoda.
5. Timošenko ing. Stjepan, redovni profesor nauke o čvrstoći predstojnik zavoda za ispitivanje gradiva.
6. Savin ing. Nikola, redovni kontraktualni profesor mehaničke tehnologije, predstojnik zavoda za mehaničku tehnologiju.
7. Milošević ing. Miloš, vanredni profesor strojarstva.
8. Roš ing. Mirko, redovni kontraktualni profesor željeznih konstrukcija.
9. Kovačić Viktor, redovni profesor arhitektonskih kompozicija. Umro 21. oktobra 1924.
10. Kiseljak dr. phil. Marije, redovni profesor matematike, predstojnik zavoda za primjenjenu matematiku.
11. Franić ing. Leonida, redovni profesor mehanike, poslije profesor gradnje cesta i željeznica gornji stroj.
12. Fasching dr. techn. Antun, redovni kontraktualni profesor više geodezije i sferne astronomije.
13. Fetisov Pavlović arh. Petar, vanredni kontraktualni profesor za arhitekturu staroga vijeka. Umro 5. studena 1926.
14. Gentzkov arh. Karlo, javni redovni profesor građevnih konstrukcija. Umro 7. studena 1928.

Bilješka. Između bivših nastavnika tehničke visoke škole (tehničkog fakulteta) ima i takovih, koji uopće nijesu nikada ni nastupili svoje profesorske službe (Roš) ili ako su je nastupili, nijesu držali niti jednoga

predavanja, nego su se iz svojih posebnih razloga na službi zahvalili (Havliček, Pilar, Franić).

SLUŠAČI.

Slušači tehničkog fakulteta mogu biti redovni ili vanredni. Kao redovni slušači mogu se upisati samo oni, koji su u realci ili u realnoj gimnaziji, odjelu realnom položili viši tečajni ispit, zatim oni, koji su kao redovni slušači bili već upisani u drugoj istovrsnoj visokoj školi.

Apsolventi gimnazija i realnih gimnazija, odio gimnazijski, mogu se upisati kao redovni slušači samo onda, ako prije polože prijamni ispit iz deskriptivne geometrije i prostoručnog crtanja, dok se apsolventi kakove druge srednje škole, na pr. srednje tehničke škole, pomorske ili trgovačke akademije, mogu upisati kao redovni slušači ako polože viši tečajni ispit na realci ili na realnoj gimnaziji, kao realni.

Kao vanredni slušači mogu se upisati oni, koji ili ne žele da se upišu kao redoviti ili pak oni, koji ne posjeduju zakonito osposobljenje za redovnoga slušača.

Slušači koji se upisuju u VII. semestar treba da pridonesu dokaz o položenom pripremnom diplomskom ispitu.

U tablici br. III. prikazan je pregled slušača po odjelima. Zimskog semestra škol. god. 1919/20. upisalo se u sve odjele 255 slušača, dok je taj broj u ljetnom semestru spao na 184. Uopće u prvo se godište upisuje dosta velik broj slušača, on onda ih 20—30% otpane, ponajviše zbog težine tehničkog studija. Iz tablice se br. III. vidi, da je škol. god. 1920/21. broj slušača prvog godišta znatno pao, dok je slijedeće škol. god. taj broj opet poskočio.

Prvih sedam godina zavod nije imao elektro-inženjerskog odjela pak su se slušači toga odjela treće i četvrte godine upisivali u strojo-inženjerski odio. Prema tome se oba ta odjela mogu smatrati kao jedan jedini odio. Iz tablice br. III. vidi se, da je odio strojo- i elektro-inženjerski imao najveći broj slušača, a odjeli brodograđevno- i brodostrojarsko-inženjerski najmanje. Škol. god. 1925/26. znatno je porastao broj slušača odjela geodetsko- i kulturno-inženjerskog. U taj odio slušači su se slabo upisivali, i to ponajviše zbog težine studija, a onda zbog težine poslova, koje moraju da obavljaju geodetski inženjeri. No kako je za izmjeru države potreban oveći broj geodetskih inženjera, raspisala je Generalna direkcija katastra znatan broj stipendija za one slušače, koji će se upisati u geodetsko- i kulturno-inženjerski odio, a nakon studija bili su im stavljeni u izgled lijepi dohoci. Kako ima znatan broj siromašnih slušača, bilo ih je dosta, koji su se natjecali za taj stipendij, pak je na taj način upis u spomenuti odio vrlo poskočio.

Da se u brodograđevno- i brodostrojarsko-inženjerski odio upisuje malo slušača razlog je taj, što u našoj državi nema velikih brodogradilišta, pa prema tome nema ni izgleda da će svršeni inženjeri dobiti zaposlenja u državi.

U tablici br. IV. prikazan je ukupni broj slušača po odjelima, upisanih po prvi put za vrijeme od prvih 10 godina opstanka zavoda. U sve se odjele po prvi put upisalo 1930. ili godišnje poprečno 193 slušača.

Škol. god. 1919/20. upisali su se u tehničku visoku školu ne samo oni, koji su te godine svršili srednje škole, nego također i starija godišta (bilo i četrdesetgodišnjaka), koji se prije nijesu mogli upisati u inozemne tehnike bilo zbog ratnih prilika, bilo zbog materijalnih razloga.

Tablica br. III.

Pregled slušača po odjelima školske godine 1919./20.—1928./29.

Redni broj	Školska godina	Semestar	O d j e l: Arhitektonski red.	Arhitektonski vanr.	Gradevno-inž. red.	Gradevno-inž. vanr.	Geodetsko i kulturno-inž. red.	Geodetsko i kulturno-inž. vanr.	Strojarsko-inž. red.	Strojarsko-inž. vanr.	Elektro-inž. red.	Elektro-inž. vanr.	Brodo-gradevno-inž. red.	Brodo-gradevno-inž. vanr.	Brodo-strojarsko-inž. red.	Brodo-strojarsko-inž. vanr.	Hemijsko-inž. red.	Hemijsko-inž. vanr.	Ukupno red.	Ukupno vanr.	Usve
1	1919.—	z.	15	9	31	2	22	3	53	7	32	—	15	5	4	—	47	10	219	36	255
	1920.	lj.	13	—	25	—	21	—	43	—	18	—	12	3	3	—	41	5	176	8	184
2	1920.—	z.	27	3	37	1	10	3	46	6	45	5	17	3	3	—	52	7	237	28	265
	1921.	lj.	23	2	36	—	8	—	39	1	31	3	14	1	3	—	56	9	210	16	226
3	1921.—	z.	37	7	91	9	16	1	71	3	76	12	17	—	6	1	77	10	390	44	434
	1922.	lj.	39	1	88	—	15	—	55	1	63	1	15	—	7	—	69	3	420	6	426
4	1922.—	z.	44	6	110	5	15	4	98	7	57	10	21	—	12	2	106	7	463	41	504
	1923.	lj.	40	—	107	—	14	2	81	4	50	3	12	1	11	2	107	8	422	20	442
5	1923.—	z.	46	2	107	4	14	—	98	1	38	1	17	—	9	—	97	6	426	14	440
	1924.	lj.	44	1	104	—	15	—	87	1	33	—	17	—	10	—	95	—	405	2	407
6	1924.—	z.	44	2	135	1	19	1	118	5	42	3	12	—	5	—	92	8	467	20	487
	1925.	lj.	40	—	120	1	15	—	99	—	32	—	12	—	4	—	95	1	417	2	419
7	1925.—	z.	49	3	141	3	46	1	114	5	22	6	14	1	6	—	85	11	477	30	507
	1926.	lj.	45	—	130	3	41	—	109	—	27	—	10	1	2	—	84	1	451	5	456
8	1926.—	z.	51	1	141	1	68	—	115	—	52	1	13	5	6	—	92	7	538	15	553
	1927.	lj.	45	—	129	1	60	—	107	—	45	1	11	3	4	—	82	2	483	7	490
9	1927.—	z.	55	8	133	16	79	7	109	16	52	4	15	3	2	—	94	8	539	62	601
	1928.	lj.	54	—	124	—	72	2	108	2	51	—	12	3	2	—	90	3	513	10	523
10	1928.—	z.	60	6	143	15	77	13	119	11	53	14	11	1	4	1	71	15	538	76	614
	1929.	lj.	60	1	137	—	77	—	99	—	67	1	8	—	2	—	78	—	528	2	530

Tablica br. IV.

Pregled ukupnoga broja slušača po odjelima, upisanih po prvi put škol. god. 1919./20. do 1928./29.

	Odio:								Ukupno
	Arhitektonski	Gradevni	Geodetski i kulturni	strojarski	elektrotehnički	Brodogradevni	brodostrojarski	hemijski	
Usve	176	399	216	422	287	62	26	342	1930
u %	9·12	20·67	11·19	21·87	14·87	3·21	1·35	17·62	100%

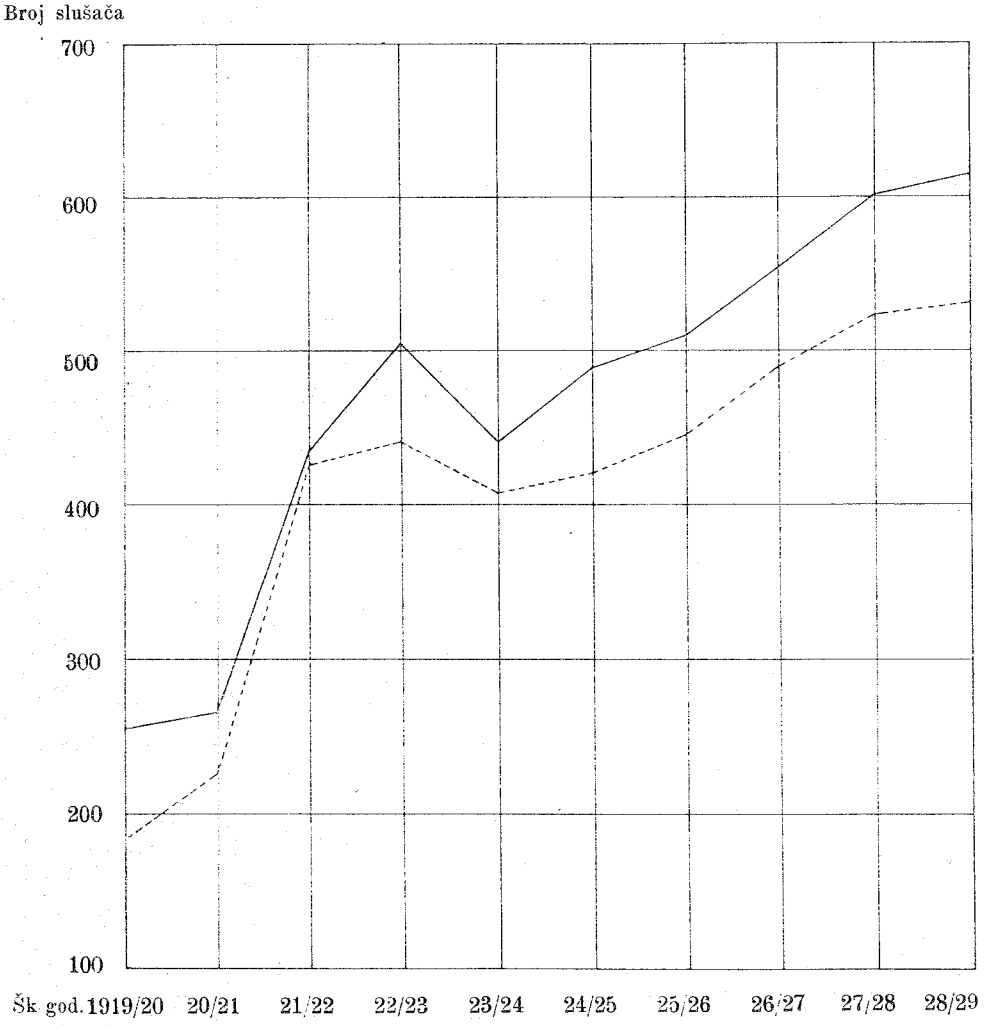
Tablica br. V.

Pregled slušača po državi rodenja škol. god. 1919./20.—1928./29.
(ljetni semestar).

Tekući broj	Školska godina	Iz kraljevine Jugoslavije							Čehoslovačke	Poljske	Bugarske	Rusije	Italije (Istre)	Austrije	Ugarske	Rumunjske	Grčke	Albanije	Njemačke	Amerike	Kine	Ukupno
		Hrvatske, Slavonije, Medumurja	Dalmacije	Slovenije	Bosne i Hercegovine	Srbije i Makedonije	Crne Gore	Vojvodine														
1	1919./1920.	101	31	—	34	1	—	7	1	—	—	—	1	3	3	1	—	—	—	1	—	184
2	1920./1921.	122	21	1	25	4	—	6	1	1	—	25	10	3	6	—	—	—	—	1	—	226
3	1921./1922.	204	31	1	28	4	—	6	2	1	—	131	10	2	5	—	—	—	—	1	—	426
4	1922./1923.	165	34	4	34	6	—	7	4	—	—	166	13	2	3	—	1	—	—	2	1	442
5	1923./1924.	146	32	4	32	6	—	7	3	—	—	156	13	2	4	—	—	—	—	1	1	407
6	1924./1925.	166	32	4	29	6	—	7	2	—	—	152	13	2	4	—	—	—	—	1	1	419
7	1925./1926.	157	57	7	28	10	—	9	2	3	—	138	24	3	6	1	—	9	—	—	2	456
8	1926./1927.	180	55	10	30	20	2	11	2	5	3	130	33	3	3	—	—	—	1	2	—	490
9	1927./1928.	189	63	12	36	22	3	14	2	2	2	132	31	5	4	—	—	—	2	4	—	523
10	1928./1929.	207	66	14	48	25	2	17	3	3	5	94	29	5	7	—	—	—	2	3	—	530

Broj slušača ne samo da je rasao, kako su se postepeno otvarala nova godišta, nego je taj broj od godine do godine rasao i nakon toga, pošto su već bila otvorena sva četiri godišta. (Isporedi grafikon broja slušača!)

Prvih godina bojažljivo su se upisivali domaći slušači u ovaj zavod. Nijesu vjerovali, da će ovdje steći ono znanje, koje im mogu pružiti druge strane starije tehnike. Mnogi su bili podlegli i agitacijama sa strane osoba, čijima se ambicijama nije moglo udovoljiti, te su pošli u inozemstvo da se opet naskoro vrate obogaćeni jednim iskustvom više, da nije uvijek tuđe bolje, negoli domaće. Danas nema više toga nepovjerenja, te se



apsolventi srednjih škola iz svih krajeva naše prostrane države upisuju u ovaj zavod u sve to većem broju. Prvih 10 godina ili točnije posljednjih šest godina proglašena su inženjerima 332 apsolventa ovoga fakulteta, koji su već svi namješteni kod kuće ili u inozemstvu, te neki zauzimaju vrlo zamjerne položaje, što je najbolji dokaz sposobnosti, spreme i vrsnoće njihova rada.

ISPITI.

U tehničkom fakultetu u Zagrebu postoje ovi ispiti:
1. Prijamni ispiti, 2. pojedinački ispiti, 3. pripremni diplomski ispiti, 4. stručni diplomski ispiti.

1. Prijamni ispiti.

Prema ustrojnoj naredbi abiturijenti gimnazija i realnih gimnazija odio gimnazijski mogu da se upišu kao redovni slušači tehničkog fakulteta samo onda, ako naprave prijamni ispit. Od abiturijenata gimnazija zahtijeva se prijamni ispit iz deskriptivne geometrije i prostoručnog crtanja, a od abiturijenata realnih gimnazija, odio gimnazijski, ispit iz deskriptivne geometrije.

2. Pojedinački ispiti.

Redovni slušači dužni su da polažu pojedinačke ispite iz svih obligatnih predmeta odjela, u koji su upisani. (Vidi nastavne osnove!) Ti se ispiti polažu kod nastavnika, koji su predmete predavali.

3. Prvi državni ispit (pripremni diplomski ispit).

Kad slušač položi najmanje s »dovoljnim« uspjehom pojedinačke ispite iz svih predmeta, koji su propisani za prva dva godišta i izradi sve vježbe, može se prikazati na prvi državni ispit, koji se sada zove pripremni diplomski ispit. Taj se ispit pravi pred povjerenstvom, koje se sastoji od starješine odjela kao predsjednika i od profesora i docenata ispitnih predmeta kao ispitivača.

Ako je slušač iz discipline, koja je predmetom prvog državnog ispita, položio sve pojedinačke ispite bar s »dobrim« uspjehom, oprašta se od polaganja ispita iz te discipline na prvom državnom ispitu. Prema tome slušač može da bude u povoljnom slučaju oprošten od ispita iz svih disciplina, koje su propisane za prvi državni ispit. Zbog te ustanove dolaze slušači na pojedinačke ispite dosta spremni.

4. Drugi državni ispit (stručni diplomski ispit).

Slušač koji je napravio prvi državni ispit, koji je položio pojedinačke ispite iz svih predmeta V.—VIII. semestra i izradio sve grafičke i ine radnje, može se prikazati na drugi državni ispit, koji se sada zove stručni diplomski ispit. Taj se ispit može polagati najranije na koncu osmog semestra, a između polaganja prvog i drugog državnog ispita mora proteći najmanje dva semestra.

Drugi se državni ispit polaže pred povjerenstvom, koje se sastoji od predsjednika, potpredsjednika i članova ispitivača. Povjerenstva je imenovala za svaki odio Pokrajinska uprava za Hrvatsku i Slavoniju na prijedlog profesorskoga vijeća. Članovi su povjerenstva bili profesori i docenti predmeta, iz kojih se pravi drugi državni ispit, no osim njih bili su imenovani i stručnjaci izvan zavoda. Kad je tehnička visoka škola postala fakultetom, ispitna su povjerenstva ostala ista, samo što u ta povjerenstva nisu više zvani stručnjaci iz prakse.

Tablica br. VI.

Pregled

slušača po broju položenog prvog državnog (pripremnog diplomskog) ispita škol. god. 1920./21.—1928./29.

Odio	Školska godina										Ukupno
	1919./1920.	1920./1921.	1921./1922.	1922./1923.	1923./1924.	1924./1925.	1925./1926.	1926./1927.	1927./1928.	1928./1929.	
Arhitektonski	—	9	11	7	7	8	5	9	10	1	67
Gradevno-inž.	—	6	17	11	12	32	17	17	24	24	160
Geodetsko- i kulturno-inž.	—	—	3	1	3	—	3	7	12	11	40
Strojarsko-inž.	—	1	11	10	10	15	15	14	11	14	101
Elektro-inž.	—	2	5	—	—	—	—	4	4	5	20
Brodogradevno-inž. . . .	—	—	3	2	2	—	1	3	1	—	12
Brodostrojarsko-inž. . . .	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	3
Hemijsko-inž.	—	11	8	23	13	19	14	18	14	16	136
Ukupno . . .	—	29	59	55	47	75	55	72	76	71	539

Tablica br. VII.

Pregled

slušača po broju položenog drugog državnog (stručnog diplomskog) ispita škol. god. 1922./23.—1928./29.

Odio	Školska godina							Ukupno
	1922./1923.	1923./1924.	1924./1925.	1925./1926.	1926./1927.	1927./1928.	1928./1929.	
Arhitektonski	9	8	7	13	4	13	2	56
Gradevno-inž.	—	23	5	15	21	20	8	92
Geodetsko- i kulturno-inž. . .	—	1	2	2	4	—	9	18
Strojarsko-inž.	—	9	10	17	12	6	7	61
Elektro-inž.	—	—	—	—	—	1	1	2
Brodogradevno-inž.	—	1	—	4	1	1	1	8
Brodostrojarsko-inž. . . .	—	—	—	3	—	—	1	4
Hemijsko-inž.	4	11	22	16	9	16	13	91
Ukupno . . .	13	53	46	70	51	57	42	332

5. Pregled slušača po broju položenih državnih ispita.

U tablici br. VI. donesen je pregled slušača po broju položenog prvog, a u tablici br. VII. drugog državnog ispita. Iz tih se tablica vidi koliko je slušača položilo prvi, odnosno drugi državni ispit svake školske godine i u svakom odjelu, a onda ukupni broj ispita svake godine u svim odjelima zajedno, te ukupni broj u pojedinim odjelima. Prvi državni ispit položilo je u svemu 539 slušača, a drugi državni ispit 332 slušača.

PROMOCIJE.

Za vrijeme od prvih deset godina opstanka zavoda promovirano je na čast doktora tehničkih nauka 14 lica, od kojih dvojica »honoris causa«. Između 12 doktora tehničkih nauka jedan je svršio arhitektonski odio, trojica građevno-inženjerski, sedmorica hemijsko-inženjerski odio, a jedan je svršio filozofski fakultet.

Donosimo popis doktora tehničkih nauka.

Počasni doktori tehničkih nauka.

1. Rojc Milan, dr. med. h. c., dr. ing. h. c., promoviran u kr. tehničkoj visokoj školi u Zagrebu dne 29. siječnja 1921. i to za zasluge oko osnutka tehničke visoke škole.

2. Tesla Nikola, dr. ing. h. c. promoviran dne 29. juna 1926. prigodom njegove 70. godišnjice života za zasluge stečene na polju tehničkih nauka.

Doktori tehničkih nauka.

1. Čališev Konstantin inženjer, promoviran dne 1. travnja 1922. na temelju disertacije: Jednostavan način izračunavanja okvirnih nosača.

2. Kušević Rajko inženjer, pristav tehn. fakulteta promoviran dne 21. srpnja 1923. na temelju disertacije: Izračunavanje Vierendeelovih nosača s paralelnim pojasima.

3. Justijanović Juraj, profesor pomorske akademije u Gružu, promoviran dne 26. srpnja 1924. na temelju disertacije: Određivanje krivulja drugoga stepena s obzirom na imaginarne odredbene dijelove, a uz pripomoć prostornih relacija.

4. Broz Rade inženjer, promoviran dne 5. decembra 1925. na temelju disertacije: Naši boksiti i njihova primjena kod Bayerovog procesa.

5. Deutsch Pavao arhitekt, promoviran dne 16. januara 1926. na temelju disertacije: Doprinosi tehničkom razvitku gradnje svodova.

6. Schwarz Miroslav inženjer, promoviran dne 30. januara 1926. na temelju disertacije: Fotokemijska oksidacija metilnog i etilnog alkohola sa kalijskim bihromatom.

7. Krajčinović Matija inženjer, promoviran dne 30. novembra 1927. na temelju disertacije: Produkt međusobnog djelovanja hlorsulfonske kiseline i acetilhlorida kod različitih temperatura.

8. Drechsler Josip inženjer, promoviran dne 29. maja 1928. na temelju disertacije: O spektrima apsorpcije željeznog pentakarbonila.

9. Marjanović Vjera, inženjer, promovirana dne 30. juna 1928. na temelju disertacije: O kvantitativnom određivanju sulfat-iona s pomoću barium-sulfata.

10. Krajčinović Petar, inženjer, promoviran dne 31. maja 1929. na temelju disertacije: Računanje armirano-betonskih nosača metodom otpornog momenta.

11. Iveković Hrvoje, inženjer, promoviran dne 30. juna 1929. na temelju disertacije: Pitke vode na terenu grada Zagreba i okolice.

12. Kostjejev Vladimir, inženjer, promoviran dne 30. juna 1929. na temelju disertacije: Prilog poznavanju hemizma Leclanchéovog članka.

HABILITACIJA PRIVATNIH DOCENATA.

Naredbom povjereništva za prosvjetu i vjere u Zagrebu od 4. siječnja 1920. br. 42226/19. izdan je propis o habilitaciji privatnih docenata. Taj je propis u glavnom jednak propisima o habilitaciji na mudroslovnom fakultetu. Do sada su se habilitirali: Čališev dr. Konstantin iz Izračunavanja višestruko statički neodređenih sistema pomoću postepene aproksimacije i Vranić dr. Vladimir iz Teorija realnih funkcija.

Budući da zakon o beogradskom univerzitetu, koji je protegnut i na zagrebačko sveučilište, ne poznaje privatnih docenata, prestali su važiti i gore spomenuti propisi o habilitaciji tih docenata.

PRAKTIČAN RAD SLUŠAČA.

Slušači strojo- i elektro-inženjerskog te brodograđevno- i brodostrojarsko-inženjerskog odjela dužni su da šest mjeseci praktično rade u državnim ili privatnim radionicama, tvornicama ili poduzećima. Taj se praktičan rad obično vrši za vrijeme velikih školskih praznika (tri puta po dva mjeseca ili dva puta po tri mjeseca).

Za hemijsko-inženjerski odio propisana je praksa od šest tjedana, i to u praznicima između III. i IV. godine studija.

Dok slušač ne izvrši praktičan rad ne može se prikazati na drugi državni ispit.

SVETOSAVSKE NAGRADE.

Do sada je nagrađen: Škreb Juraj za rad: Teorem Žukovskoga, uzgon aeroplana. (Škol. god. 1927/28.).

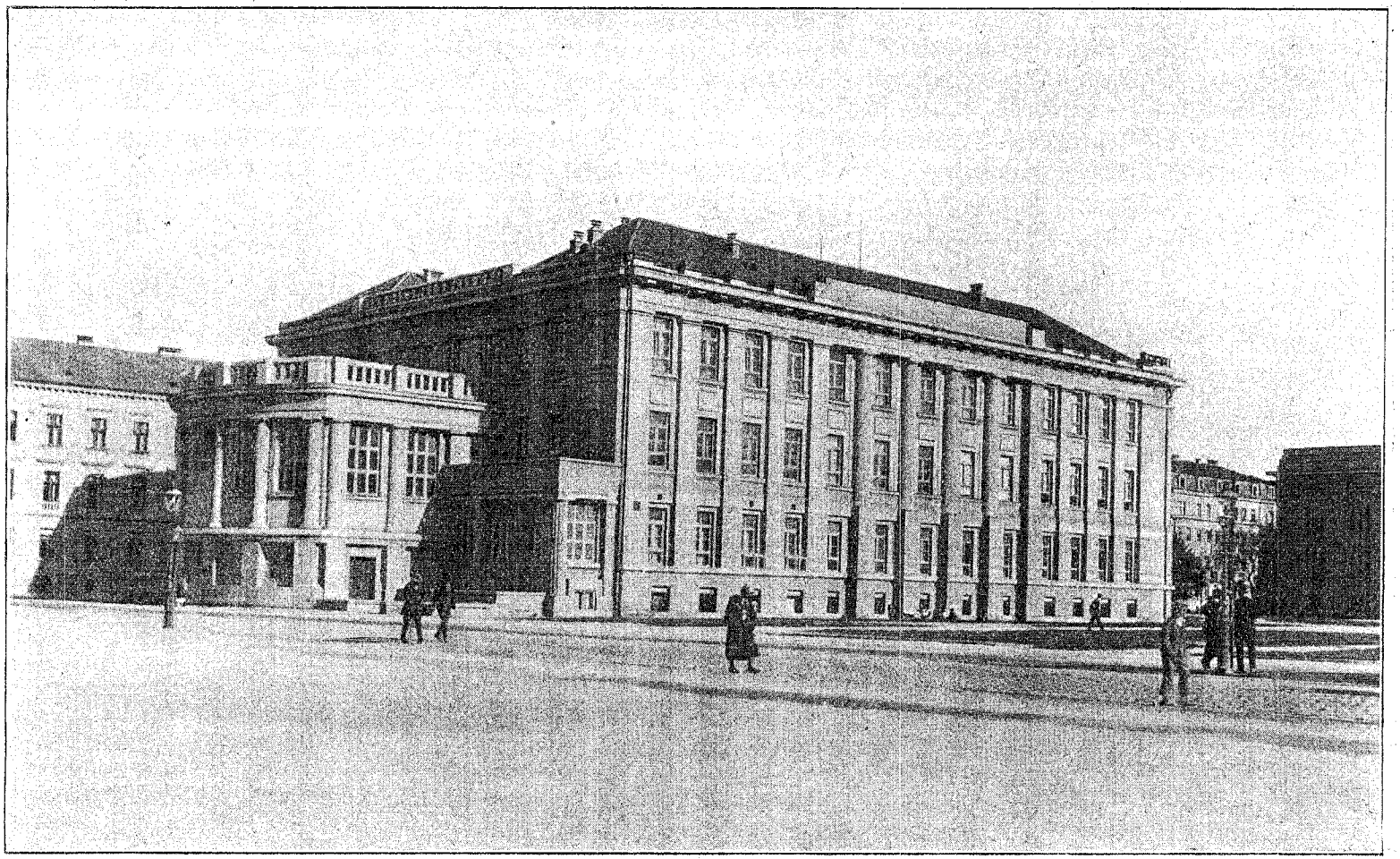
ZGRADE TEHNIČKOG FAKULTETA.

Već smo spomenuli, da je povjereništvo za prosvjetu i vjere u Zagrebu odredilo da se Tehnička visoka škola smjesti u zgradu Ženske stručne škole i u prostorije internata Obrtne škole. Netom su te prostorije bile dodijeljene ovom zavodu, odmah se prešlo na njihovo preudešavanje, za nove svrhe. To preudešavanje bilo je povjereno graditelju Potočnjaku Milanu, a nadzor je vodio Šen prof. arh. Edo.

U zgradi Ženske stručne škole nije trebalo činiti velikih promjena, sve prostorije stoje u glavnom i danas onako, kako su i prije bile. U drugom katu bile su škol. god. 1919/20. uređene prostorije za hemiju.

God. 1922. bio je na zgradi te škole nadograđen III. kat troškom od 700.000 K.

Zgrade tehničkog fakulteta.
Les édifices de la Faculté technique.



Novi hemijski institut universiteta.
Le nouvel institut de Chimie de l'Université.

Tehnički fakultet ima dvije zgrade, koje je sam izgradio i to: laboratorij za strojarstvo i zavod za elektrotehniku. Obje te zgrade izgrađene su pod upravom i nadzorom S o r t e prof. L e o p o l d a.

Odlukom povjereništva za prosvjetu i vjere u Zagrebu dan je u upravu i na upotrebu tehničkoj visokoj školi novi hemijski laboratorij sveučilišta (Marulićev trg 20). Ta zgrada nije još bila potpuno ni dovršena, pak je trebalo uložiti znatne svote, da se dovrši i uredi. Tehnički fakultet ima u upotrebi podrumske prostorije, prizemlje, prvi kat i dio potkrovlja, a filozofski fakultet drugi kat i dio potkrovlja.

U Žerjavićevoj zakladnoj kući smješten je mineraloško-geološki zavod koji se sastoji od sobe sa zbirkom, radionice, sobe za profesora i tamne sobe. Do 1. IV. 1927. taj se je zavod nalazio u prvom katu hemijskog laboratorija na Marulićevom trgu. (Početkom škol. god. 1929/30. taj se zavod preselio u Kršnjavoga ulicu br. 25.)

Tehnički fakultet posjeduje dvije stambene zgrade Zaklade dra Jurja Žerjavića i to staru kuću na uglu Žerjavićeve i Gundulićeve ulice i novu kuću u Kršnjavoga ul. br. 25, koja se počela graditi god. 1928. a dovršila se god. 1929. Dohoci obih kuća namijenjeni su, prema zakladnici, unutarnjem uređenju Tehničkog fakulteta.

Kod rasporeda risaonica i radionica provodilo se pravilo, da svako godište svakoga odjela ima svoj posebni stol, a svaki hemičar svoje radno mjesto. Osim toga nastojalo se, da apsolventi svakoga odjela imadu svoju posebnu risaonicu. Zbog pomanjkanja prostorija nije se taj princip mogao svuda da provede, pak na pr. slušači brodograđevnog i brodostrojarskog odjela svih godišta imadu samo jednu risaonicu, a geodetsko-kulturni i arhitektonski odio imaju svaki samo po tri risaonice umjesto po pet. Slušači strojarsko- i elektro-inženjerskog odjela imadu zajedničke risaonice, koje su zbog velikog broja slušača pretijesne. Nadalje nema dovoljnog broja predavaonica, profesorskih i asistentskih soba, te prostorija za laboratorije i zavode.

Zgrade u kojima je smješten tehnički fakultet pretijesne su za sve potrebe fakulteta, pak se već odavna ćuti potreba, da se sagrade nove zgrade. U tu svrhu već je općina grada Zagreba darovala veliko gradilište na Ciglani, a i država je dala dio svoga zemljišta kraj srednjoškolskih zavoda, dok je prof. E h r l i c h izradio potrebite skice. Zbog pomanjkanja sredstava nije se još moglo započeti gradnjom, a nema ni izgleda da će se u dogledno vrijeme izgraditi barem jedna zgrada. Ako se za tri godine ništa ne izgradi, oduzet će grad darovano gradilište.* To bi bila velika šteta, jer je gradilište za sve zgrade dovoljno veliko a u blizini je sveučilišne knjižnice i ostalih sveučilišnih zgrada. Najbolje bi bilo da se za gradnju sklopi investicioni zajam, a u budžet uvrste svake godine anuitetne otplate.

PROFESORSKE STOLICE, ZAVODI I PREDMETI.

Tehnički fakultet ima doduše u prvom redu zadaću da odgaja podmladak inženjera potrebnih za naš tehnički i ekonomski napredak. Tu zadaću on može međutim da ispunja samo onda, ako bude u stalnom kontaktu sa napretkom nauke tehnike. Taj se kontakt može uzdržati samo onda, ako fakultet i sam sarađuje kod toga unapređenja i u smislu strogo

* To se je već i dogodilo.

naučnom i u smislu praktičnom. Pojedine discipline, koje se obrađuju na tom Fakultetu, skoncentrisane su u pojedinim stolicama i zavodima, a u koliko nisu većeg opsega ili u koliko to nije zasad moguće, povjerene su stalnim docentima ili honorarnim profesorima.

Niže donosimo prikaz tih pojedinih disciplina. U tim prikazima ne polaže se tolika važnost na sadržaj pojedinih predavanja. O tom je referirano, već u svoje vrijeme.* Ovdje se hoće više da istakne, koje značenje

Stara kuća Žerjavićeve zaklade.
Premier édifice de la fondation Žerjavić.

imaju pojedine discipline i zavodi za obuku mladih inženjera s jedne strane, a za napredak naše nauke i tehnike s druge strane. Ovi prikazi nisu se mogli obraditi po nekoj određenoj šabloni, a nisu ni potpuni; zbog toga će se činiti malo nejednolični, ali će svakako dati barem približno ono za čime se je išlo.

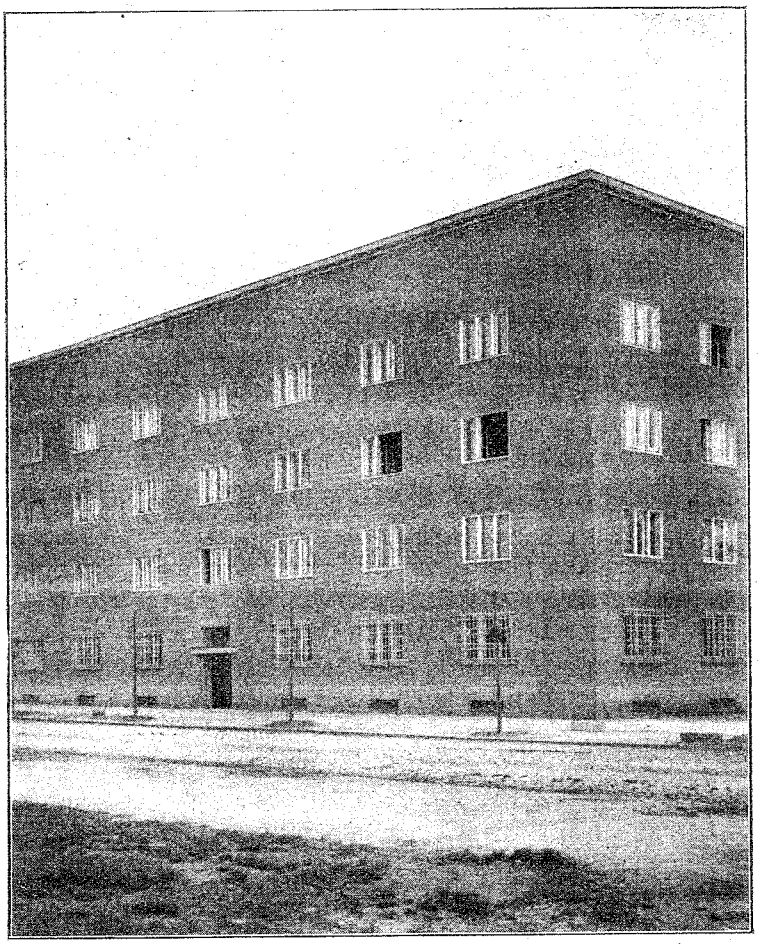
---

* Vidi Izvještaj za god. 1925/26.

Stolica i zavod za primjenjenu matematiku.

Iz početka bile su osnovane dvije stolice za primjenjenu matematiku, a sam zavod je osnovan također već u decembru prve godine osnutka tehnike.

Svrha je zavoda prema statutima da unapređuje i usavršuje matematičko znanje slušača, da podupire naučni rad drugih zavoda preuzimajući prema potrebi izrađivanje njima nužnih računa, da služi naučnom



Nova kuća Žerjavićeve zaklade.
Nouvel édifice de la fondation Žerjavić.

istraživanju predstojnika i ostaloga zavodskoga osoblja kao i naprednijih slušača, koji se žele usavršiti u matematici, napose u njenim primjenjenim granama.

Svrhama zavoda služe: zbirka matematičkih i geometričkih učila, modela, sprava za mehaničko i grafičko računanje i priručna knjižnica.

Predstojniku zavoda pomaže asistent i, u koliko budžetska sredstva dopuštaju, pomoćnici.

Prvi predstojnik zavoda bio je Kiseljak dr. Marije, a asistent Vranić dr. Vladimir. Poslije prelaza Kiseljaka dra Marija

na filozofski fakultet zagrebačkog sveučilišta koncem škol. god. 1924/25. povjerilo je profesorsko vijeće upravu zavoda prof. Markoviću dru Željku. Asistentsku službu vrši Novković Jovan.

Rad se u zavodu kretao u prvom redu u onom području važnom za primjenu, gdje se od analitičkih relacija i općih izvoda prelazi na rezultate grafičke i numeričke, pa je rad slušača bio poglavito u primjenjivanju grafičkih i numeričkih metoda i upoznavanja pomoćnih sredstava za izvršivanje operacija naročito instrumentalnih.

Slušači svih odjela izrađivali su obligatne grafičke radove, koji su u jednu ruku činili zornima svojsva funkcija, kojima su se bavili i relacije dobivene kod predavanja, a ticali su se naročito aproksimiranja funkcija (Taylorov red, Fourierov red, interpolacija) osobitosti u toku funkcija, krivulja, geometrijski ili tehnički važnih, konformnoga preslikavanja, a u drugu ruku ih upućivali u izvođenje grafičkih operacija (grafičko rješavanje algebarskih jednačaba, grafička integracija i rješavanje diferencijalnih jednačaba). Zavod je tako sakupio lijepu zbirku grafova iz različitih područja, koja dobro služi i kod predavanja u svrhe demonstracija. Naročito su napredniji slušači i izgradili neke vrlo vrijedne grafičke radove.

Uz grafičke metode upućivali su se slušači i u numeričke metode za rješavanje problema te u upotrebljavanju matematičkih instrumenata (planimetara različnih tipova, strojeva za računanje).

Da se dade prilika za samostalniji rad, dobivali su napredniji slušači da izrade referate o specijalnim temama, u tu su svrhu služile i seminarske vježbe namjenjene slušačima IV. semestra goedetsko-kulturnoga odjela, kod kojih se raspravljalo o različnim pitanjima primjenjene matematike, praktične analize te teorije matematičkih instrumenata. Kod toga je slušačima vrlo korisna bila priručna knjižnica, kojom su se služili i u kasnijim semestrima isto kao i s matematičkim instrumentima zavoda, kod studija specijalnih pitanja.

Zavod je davao mišljenja o matematičkim instrumentima i bio na uslugu onima, koji su u njemu tražili obavještenja.

Stolica za deskriptivnu geometriju.

Predstojnik red. prof. Božićević Juraj. Deskriptivnu geometriju obvezani su slušati slušači svih odjela osim hemijsko-inženjerskog. Predavanja i vježbe drže se prve godine po 4 sata na nedjelju. Za sve odjele predaje se u isto doba. Svi slušači, kad se upisuju u ovaj Fakultet, moraju poznavati elemente deskriptivne geometrije. Predavaju se sve metode projiciranja, nauka o osjenjivanju, o ravnim i prostornim krivuljama i o nekim specijalnim površinama. Kod predavanja, a naročito kod konstruktivnih vježbi, uzimlju se u obzir potrebe pojedinih odjela i praktične primjene. Svi su odjeli u tom pogledu podijeljeni u dvije skupine; u jednoj su odjeli arhitektonski, građevni i geodetsko-kulturni, a u drugoj strojarski, električki, brodograđevni i brodostrojarski. U svakom se semestru izrađuju po 4 programa.

Prof. Božićević predaje osim toga Perspektivu za slušače arhitektonskog odjela, te Fotografiju za slušače geodetskog odjela. U početku je predavao i Specijalna poglavlja iz deskriptivne geometrije, no zbog preopterećenosti slušača odaziv je bio slab.

Po naredbi bivšeg povjereništva za prosvjetu i vjere deskriptivnu geometriju bili su obvezani slušati na Tehničkom fakultetu i oni slušači Filozofskog fakulteta, koji su taj predmet odabrali kao glavni, što se pokazalo vrlo korisnim po napredak tih slušača. Naročito nakon smrti dra Majcena predavao je prof. Božićević tim slušačima deskriptivnu geometriju, a bio im je i ispitivačem na profesorskom ispitu.

Profesorska stolica ima dosta dobru priručnu knjižnicu, dok modela ima malo i to zbog nestašice novčanih sredstava. Desetak modela nekih novih površina izradio je sam predstojnik.

Prof. Božićević predaje Deskriptivnu geometriju slušačima Gospodarsko-šumarskog fakulteta, a predavao je i slušačima Više pedagoške škole.

Škol. god. 1919/20. do 1920/21. vršio je asistentsku službu pri profesorskoj stolici Justijanović Juraj, koji je u ovom fakultetu položio doktorat iz Deskriptivne geometrije, te je sada profesor na pomorskoj vojnoj akademiji u Gružu.

Škol. god. 1921/22.—1925/26. bio je asistentom Šimunić Stjepan (umro god. 1926.). Od god. 1926/27. vrši asistentsku službu Nitsche Vilim. Asistentu pomažu dva demonstratora. Zbog velikog broja slušača (preko 200) bilo bi potrebno, da se kod ove profesorske stolice postave barem dva stalna asistenta.

Prof. Božićević objavio je više radova o krivuljama i površinama, a napisao je nekoliko srednjoškolskih knjiga i Uputu u fotografiju (dva izdanja) te nekoliko članaka iz područja elementarne geometrije, fotografije i t. d. u sve oko 30 radnja i knjiga.

Geodetski zavod. Stolica za nižu i višu geodeziju.

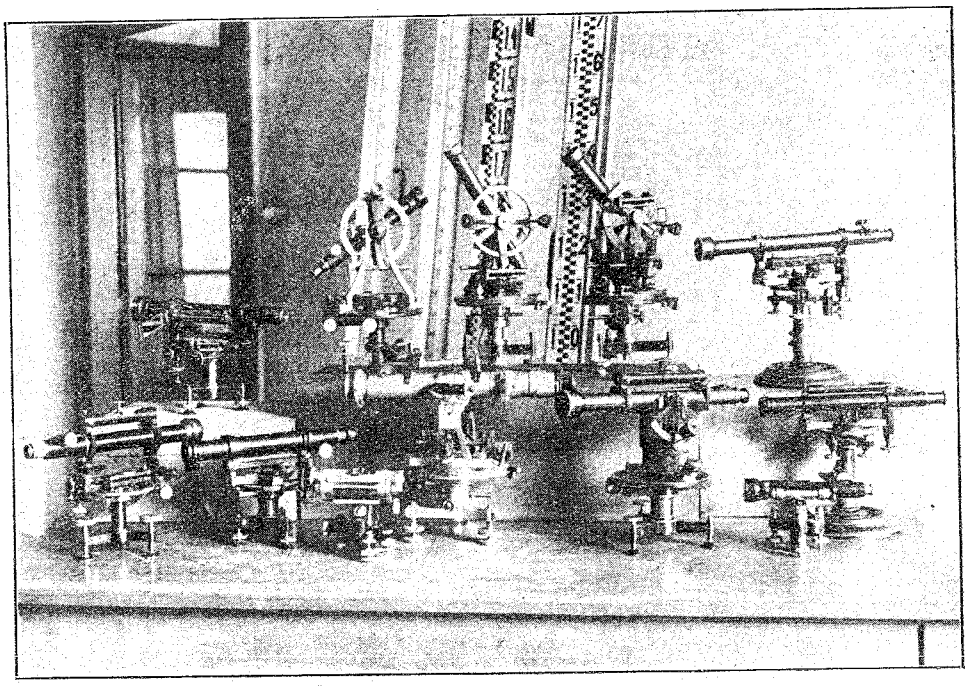
Nakon dovršenja zakona od 22. VI. 1902. o komasaciji zemljišta, pokazala se je na brzo potreba za osnutkom stručne škole, koja bi bila u stanju, da obrazuje takove tehničke stručnjake, koji bi mogli osigurati provedbu gore navedenoga zakona, uzevši u obzir sve stvarne potrebe sela u kome se komasacija provodi.

Rezultat toga nastojanja bijaše osnutak Geodetskog tečaja uz tadanju Šumarsku akademiju u Zagrebu god. 1908. Načelo po kome je uslijedilo osnutak spomenutog tečaja bilo je t. zv. gruntovno-tehničko poslovanje, oko koga su se skupili srodni i preko potrebni ostali stručni predmeti. Opseg i sadržaj stručnih predmeta bio je udešen tako, da je pretpostavljao na pr. provedbu triangulacionih poslova po trinangulatornom uredu u Budimpešti, a provedbe melioracionih radova po kulturno-tehničkim organima tadanje zemaljske vlade.

Prigodom osnutka navedenog tečaja nabavljena su tri teodolita, od kojih jedan sa mikroskopima za procjenjivanje, te dva busolna teodolita. Osim toga su nabavljena tom prilikom i tri nivelaciona instrumenta uz nešto pomoćnih sprava i potrebština male vrijednosti.

Tokom vremena nabavljeno je postepeno još sedam teodolita i četiri nivelaciona instrumenta sa potrebnim priborom. Početkom svjetskoga rata obustavljeno je svako tehničko komasaciono poslovanje, a i školska je djelatnost prestala sve do početka god. 1915. kada se nastavlja u tako skromnom obliku, da se je jedva moglo reći da uzdržava nastavni kontinuitet.

Početkom god. 1919., pa dalje osnutkom Tehničkog fakulteta u Zagrebu, prenaša se Geodetski tečaj na spomenuti fakultet te se nastavna osnova počinje već ovdje upotpunjavati obzirom na gore istaknute činjenice u obavljanju triangulatornih i melioracionih poslova pri provedbi komasacionih poslova. Stvaranjem državnog jedinstva Kraljevine Jugoslavije otpali su naime triangulatorni poslovi, koji su kao tehničke predradnje provođeni po triangulatornom uredu u Budimpešti, pa se je valjalo pobrinuti, da se stručna naobrazba geodeta proširi onamo, da se kandidatima geodetske struke dade potrebito znanje za obavljanje navedenih poslova, koji su bitna osnova valjanog geodetskog rada.



Geodetski zavod. Nivelacioni instrumenti.
Institut de géodésie. Instruments de nivellation.

Pošto se pako detaljna triangulacija izvađa na temelju trigonometričke mreže viših stepenova, valjalo je nastavni program proširiti onamo, da se može proučiti cio razvoj trigonometričkog računskog postupka, i to obzirom na postojeće trigonometričke prilike i odnose viših stepenova na teritoriju, na kome se vrše navedeni agrarno tehnički poslovi. Uzevši u obzir da nemamo u potpunosti stvarnih i sređenih podataka o provedenim trigonometričkim poslovima, valjalo je često puta induktivnom metodom rada stvarati zaključke općenite vrijednosti. Sredstva, koja su za takove poslove stajala na raspolažbi, nisu bila nikakva, pa je ipak trebalo raditi i uščuvati postojeći i ako veoma skroman progres u tome pogledu. U tu je svrhu kod proširenja geodetskog studija pored uvođenja prijeko potrebnih melioracionih studija bio uveden jedan nov savremen kolegij: G e o d e t s k o r a č u n a n j e, sa geodetskim računskim vježbama, koji je omogućio, da se gore istaknutoj stvarnoj i

veoma važnoj potrebi udovolji. Samo sada treba svim sredstvima raditi na tome, da se osigura trajno zadovoljenje te potrebe.

Provađajući ta nastojanja u život nastalo je po tome današnje geodetsko- i kulturno tehničko odjeljenje na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, gdje je važna prinova, pored već navedenog »Geodetskog računanja i geodetskih računskih vježbi«, jošte i predmeti stolice za Višu geodeziju i Sfernu astronomiju kao i predmeti Vodnih građevina, koji se poglavito odnose na melioracione poslove.

Predmeti stolice za Višu geodeziju i sfernu astronomiju imaju u svakome pogledu da dadu ne samo naučnu podlogu višega stepena za sve geodetske radove, već imaju da stvore i siguran oslonac za studij trigonometričkih radova u svim stepenima, dok računsku tehniku u svim pojedinostima ima da dade već napred spomenuto »Geodetsko računanje i geodetske računske vježbe«. Uvođenjem predmeta Vodnih građevina i to onoga dijela, koji se odnosi na melioracione radove, imalo se je zadovoljiti već davno nastaloj stvarnoj potrebi obzirom na činjenicu, da su prilikom provedbe komasacionih poslova, provađani meliorani radovi po organima kulturno-tehničkim posebnih institucija, dali nezadovoljavajuće rezultate, kako u pogledu samog polaganja kanalizacionih trasa obzirom na mrežu prometnih sredstava u hataru koja se imala projektirati, tako isto i obzirom na dubine, koje su imale osnovati, odnosno padove kanala. Sve to mora da čini sa budućom komasacionom osnovom jednu skladnu cjelinu u svakome pogledu, a u cilju postizavanja što većega efekta u gospodarskom pogledu, što je i uspjelo obzirom na već izvedene praktične radove. Za provedbu navedenih ciljeva nabavljen je jedan nivelacioni instrumenat sistema »Z e i s s«. Prema tome bi se stolica za Nižu geodeziju (sa geodetskim računanjem i geodetskim računskim vježbama) bila po geodetskom zavodu snabdjevena sa jedanaest teodolita, osim nivelacionih instrumenata, te tri komada računskih strojeva uz pripadne sporedne sprave.

Da se uzmogne održati koncentracija svih geodetskih predmeta na geodetskom i kulturno-tehničkom odjelu osnovan je sa veoma skromnim sredstvima Geodetski zavod, čije je nastojanje, da i sa veoma skromnim sredstvima omogući napredak geodetske struke, koliko na samome fakultetu toliko i u stručnim pitanjima izvan fakulteta.

Po osnutku Geodetskog zavoda svi geodetski aparati spadaju u inventar navedene ustanove, tako da se njima mogu nesmetano služiti obadvije geodetske stolice. Knjižnice zavoda se sastoji iz p. p. 300 djela koja zasjecaju u geodetsku struku.

Geodetski i kulturno-tehnički studij posjećuje oko 100 slušača, dok nižu geodeziju I. dio slušaju u potpunom opsegu i slušači građevno-inženjerskog odjela, dočim se slušačima arhitektonskog i strojarskog odjela predaje zaseban malen geodetski kolegij. Do sada je apsolviralo geodetski tečaj oko 60 geodeta, a geodetsko i kulturno-tehnički odjel oko 25 inženjera.

Geodetski predmeti geodetskog i kulturno-tehničkog odjeljenja jesu kod prve geodetske stolice:

1. Niža geodezija.

Predmet se raspada na predavanja, te računske vježbe kao i vježbe oko upoznavanja sličnih geodetskih instrumenata kao i postupanje s njima.

Uz priključak na trigonometričku i poligonometričku mrežu grada Zagreba, obavljaju se i praktične vježbe manjega opsega u koliko to dopušta vrijeme određeno naučnom osnovom i atmosferskim prilikama.

Praktične vježbe većega opsega obavljale su se do sada sa slušačima geodetske struke na radovima, koje je provodila generalna direkcija katastra.

Nabavkom računskih strojeva omogućeno je provoditi praktične računske vježbe i sa njima.

2. Geodetsko računanje i geodetske računske vježbe.

Predmet se raspada na predavanja i praktične vježbe, koje se sastoje u izračunavanju metoda mjerenja kuteva za triangulatorne svrhe, te upoznavanju tih metoda na praktičnim terenskim vježbama i njihovoj matematskoj obradi, obzirom na primjenu metoda najmanjih kvadrata, osobitim obzirom na prilike u zemlji i obradom nacionalnih zadataka.

Vježbe se obavljaju pomoću zasebno razvite trigonometričke mreže koja se oslanja na trigometričku mrežu grada Zagreba.

3. Geodezija za slušače strojarskog i arhitektonskog odjela.

Opsiže kratak pregled gradiva niže geodezije sa odgovarajućim praktičnim vježbama, upoznavajući slušače navedenih odjela sa najobičnijim geodetskim instrumentima i geodetskim poslovanjem najprimitivnijega obima.

4. Agrarne operacije.

Obuhvataju predavanja iz gruntovno-tehničkog dijela komasacionih poslova zemljišnih zajednica.

Uz predavanja tehničko-pravne prirode obavljaju se praktične vježbe rješavajući zadatke u opsegu navedenih radova

Kod druge geodetske stolice predaju se slijedeći geodetski predmeti:

1. Kartografija.

Predavanja i praktične vježbe iz ovoga predmeta udešeni su tako, da slušači dobiju jasan pojam o glavnim projekcijama mreže geografskih koordinatskih formula da mogu prosuditi o svojstvima neke projekcije, i te projekcije konstruirati.

2. Državna izmjera.

Predavanja i vježbe opsižu upoznavanje sa zemaljskim sferoidom, kao sa aproksimacijom Geoida, koja se može primijeniti sa potpuno zadovoljavajućim uspjehom za sve praktične geodetske radove, kod kojih dijelove zemaljske kugle ne možemo smatrati ravninom, što dolazi do izražaja kod t. zv. određivanja viših redova pomoću triangulacije, astronomskih opažanja te kod preciznog nivellementa.

Predaju se osim toga u nastavku predmeta: Geodetsko računanje i geodetske računske vježbe razne metode izjednačivanja triangulacije u obliku strogih i približnih metoda, te sami načini izračunavanja sferidičnih i pravokutnih koordinata.

Obraća se velika pažnja na ispitivanje pogrešaka instrumenata.

Za vježbe raspolaže geodetski zavod sa:

a) dva komada dvosekundna teodolita,

b) Bazisni pribor Jederina.

Za vježbe sa Jederinovim priborom izabrana je osnovka 500 m duga, koja ima biti izmjerena navedenim Jederinovim priborom, a vezati će se sa postojećom mrežom grada Zagreba.

3. Viša geodezija.

U predavanjima se slušači upoznavaju sa pojmom Geoida i sa naučnim izračunavanjima njegovih svojstava i oblika. Za praktične vježbe ima geodetski zavod Eötvösov variometar, nu radi nedostatka kredita ne mogu se praktične vježbe održavati.

4. Sferna astronomija.

Sferna je astronomija u glavnome podjeljena na dva dijela: Teoretski i praktički dio. Cilj je toga predmeta, da slušači nakon svršenih nauka mogu astronomskim opažanjima određivati geografske koordinate mjesta, te astronomski azimut stranice i vrijeme, pa u vezi s time i razliku geografskih dužina.

Za tu svrhu raspolaže geodetski zavod sa: jednim zvjezdanim hronometrom, jednim srednjim hronometrom, jednim univerzalnim instrumentom, jednim Pisterovim krugom, jednim sekstantom.

5. Fotogrametrija.

Ovaj se predmet u glavnome predaje teoretski, obzirom na činjenicu, da zavod nema materijalne mogućnosti da nabavi potrebne fotogrametrijske i stereofotogrametrijske instrumente, koji su veoma skupi.

Geodetski zavod raspolaže samo sa steroomikrometrom od Zeissa. Na svršetku valja spomenuti, da geodetski zavod raspolaže sa četiri malene sobice, koje služe podjedno kao profesorske sobe, sobe za pristava i asistenta, knjižničke prostorije i skladište geodetskih instrumenata.

Nižu geodeziju predaje od osnutka Horvat ing. Pavle, primjenjenu geodeziju predavao je Filkuka Vladimir, višu geodeziju, državnu izmjeru i fotogrametriju predavao je Faschingdr. Anton, a zatim Abakumov Nikolaj. Kartografiju predavali su Kiseljak dr. Marije, Faschingdr. Anton i Abakumov Nikolaj.

Stolica za teoretsku mehaniku.

Stolica za teoretsku mehaniku imade zadaću, da uz opće zakone analitičke mehanike poglavito obrađuje one probleme, koji su potrebni kao teoretski osnov za građevni i strojo-inženjerski studij. Osim statike, koja čini osnov nauci u čvrstoći i elasticiteti, obrađuje kinematiku, dinamiku i grafičku dinamiku te tako daje osnovu za razumijevanje studija mehanizama različitih strojeva i njihovih proračunavanja. Uz analitički način posvećuje se velika pažnja i grafičkim metodama.

Predavanja se drže u zimskom i ljetnom semestru po četiri sata, a teoretske vježbe po dva sata na nedjelju. Ovoj stolici je pripojen novo osnovani zavod za primjenjenu mehaniku, kojemu je svrha, da slušači teoretsko znanje, stečeno na predavanjima, obrade sami na eksperimentalan način. Samostalni radovi predstojnika te stolice profesora Prejca dra Milivoja padaju u područje teorije elasticitete i teorije vibracije.

Stolica za tehničku mehaniku i zavod za ispitivanje gradiva.

Pod Tehničkom mehanikom razumjelo se kod stvaranja te stolice Nauka o čvrstoći i Ispitivanje gradiva. Prema tome predmet stolice je mehanika elastičnog tijela, i to u elementarnom raspravljanju s obzirom na praktičnu primjenu. Na osnovu teoretskog promatranja djelovanja vanjskih sila na elastično tijelo, a u vezi s eksperimentalnim proučavanjem elastičnih svojstva tijela, stvaraju se formule za di-

menzioniranje dijelova inženjerskih konstrukcija. Važnost se racionalnog dimenzioniranja ne može dovoljno naglasiti. Tu dolazi u obzir kao pitanje sigurnosti konstrukcije, tako isto ne manje važno pitanje njezine ekonomičnosti.

Teorija elasticiteta predaje se samo za naprednije slušače u fakultativnom kursu kao Specialna poglavlja iz tehničke mehanike.

Profesor tehničke mehanike predaje osim toga Građevnu statiku. U tom se predmetu proučavaju načini određivanja sila u pojedinim dijelovima građevnih konstrukcija kod opterećenja tih konstrukcija.

Uskoro sa osnutkom stolice za Tehničku mehaniku osnovan je pod vodstvom profesora za Tehničku mehaniku Timoška inž. S. godine 1919. zavod, koji ima svrhu, da služi kao pomagalo slušačima Tehničke Visoke Škole pri proučavanju tehničke mehanike. Timošenka je naslijedio Čališev dr. Konstantin.

Zavod daje mogućnost da se pokaže budućim inženjerima načine, kako se upoznavaju svojstva građevnog materijala i kako se ona mogu kontrolirati, te da prema tome prosude, u koliko građa odgovara stanovitoj svrsi. Osim toga zavod mora da služi naučnom radu osoblja, koje se posvećuje radu na području nauke o čvrstoći i ispitivanja gradiva.

Pored ovih naučnih svrha, zavod, kao javna naučna institucija, služi oblastima, industriji i privatnicima za obavljanje ispitivanja gradiva, izdavanje uvjerenja o tim ispititivanjima i objektivnog stručnog mišljenja o dotičnom materijalu odnosno konstrukciji.

Zavod zauzimlje tri osobe u suterenu zgrade novog hemijskog instituta Marulićev trg 20 s ukupnom površinom od 50 qm, te dvije sobe u prizemlju sa površinom od 88 qm. U tim su prostorijama smješteni strojevi i uređaji za ispitivanje, knjižnica zavoda i zbirka.

Godine 1920. zavod je preuzeo uređaj za ispitivanje cementa od kr. kemijsko-analitičkog zavoda u Zagrebu i time je položen temelj novom zavodu. Ovaj uređaj sastojao je u glavnom od jedne hidraulitičke preše za ispitivanje tlačne čvrstoće kocaka 7 × 7 × 7 cm, dvaju nabijača za kocke i za osmice, mješalo za mort: sve na ručni pogon.

Zavod je ovaj uređaj upotpunio svim najpotrebnijim priborom za potpuno fizikalno ispitivanje cementa.

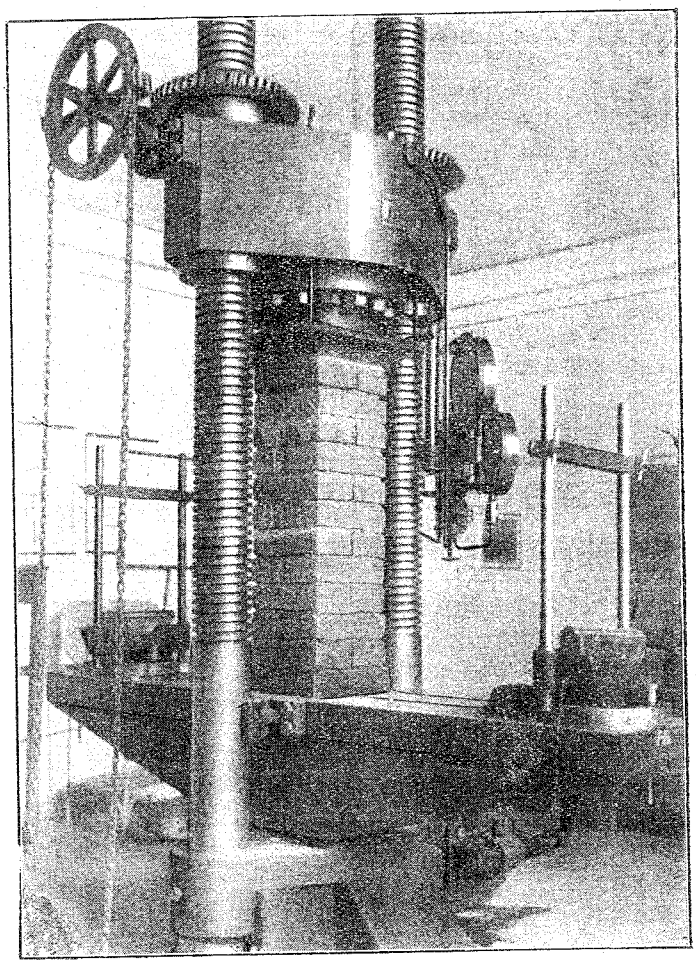
Slijedeće godine nabavio je zavod hidraulitičku prešu od 300 tona i universalni stroj od 30 tona od tvornice Losenhausen u Düsseldorf-Grafenbergu. Ovi strojevi daju mogućnost ispitivanja materijala na pritisak, vuču, savijanje, izvijanje stupova i određivanje tvrdoće po Brinellu. Univerzalni stroj ima pogon elektr. motorom pomoću frikcione spojke. Za mjerenje sila na jednom i drugom stroju služi posebna kutija (Messdose) spojena sa manometrima.

Godine 1923. nabavio je zavod Charpy-ev stroj (njihalo) od 10 mkg rada tvornice Mohr & Federhaff u Manheimu. Ovaj stroj služi za udarno ispitivanje savijanjem (Kerbschlagbiegeprobe) i za dinamičko rastezanje. Za mjerenje deformacija nabavio je zavod Martensov zrcalni aparat, a za kontrolu strojeva, bolje reći manometara i drugih kazala za određivanje sila, mesdozu od Amslera u Schaffhausenu. Time je zavod bio snabdjeven najnužnijom aparaturom za ispitivanje koliko cementa toliko i metalâ.

Navedeni strojevi nabavljeni su na račun kamata zaklade Tehničke visoke škole i privatnih doprinosa, i to: Grada Zagreba Din 37.500, tvor-

nice cementa »Croatia« d. d. u Zagrebu Din 5000, grada Broda n/S. Din. 2.500, imovne općine Novo-Gradiške Din 2.500, manjih doprinosa gradova Vinkovaca i Križevaca, te tvornice parketa. Svima njima ima zavod da zahvali svoje ostvarenje.

Dalji razvitak zavoda ovisio je o državnim kreditima osiguravanim budžetima. Tako je god. 1924. preuređen ručni pogon miješalice za mort, nabijača za kocke i osmice i sita za ispitivanje finoće mljiva cementa na



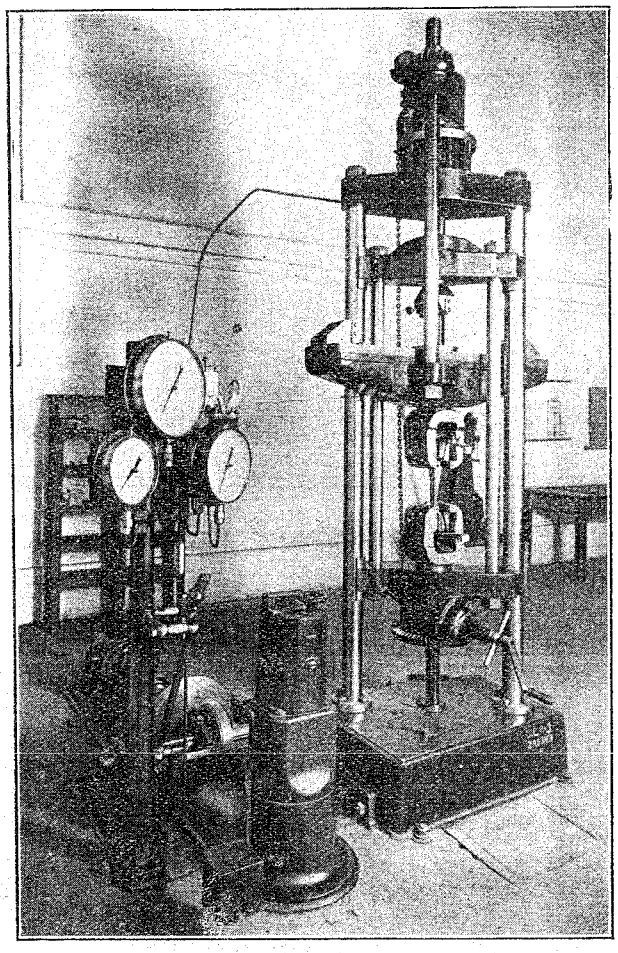
Zavod za ispitivanje gradiva. Preša od 300 t. po Losenhausenu.
Institut pour les essais des matériaux. Presse à 300 t d'apres Losenhausen.

električni pogon. God. 1925. napravljena je ledenica Beleljubskog za ispitivanje otpornosti materijala protiv mraza, napravljen uređaj za eksperimentalno proučavanje elastične linije savinutog štapa, za pokus na izvijanje i na torziju.

Nabavkom aparata Nupubest od inž. Rickhofa data je mogućnost eksperimentalnog ispitivanja i rješenja statički neodređenih sistema (kontinuirani nosači, okviri) pretvaranjem statički neodređenog sistema u statistički određeni pomoću iznalaženja tačaka infleksije

elastičnih linija. Aparat se primjenjuje isto tako za eksperimentalno konstruiranje uplavnica za statički neodređene veličine.

Za mjerenje deformacije ima zavod uz Martensov zrcalni aparat osam aparata Okhuizen-Hugenberg. To su vrlo precizni i zgodni aparati, koji dozvoljavaju mjerenje relativnog produljenja na duljini počam od jednog cm. Aparati su vrlo prikladni koliko za proučavanje deformacija elastičnih tijela i konstrukcija u laboratoriju zavoda, toliko i za mje-



Zavod za ispitivanje gradiva. Universalni stroj po Losenhausenu.
Institut pour les essais des matériaux. Instrument universel d'après Losenhausen.

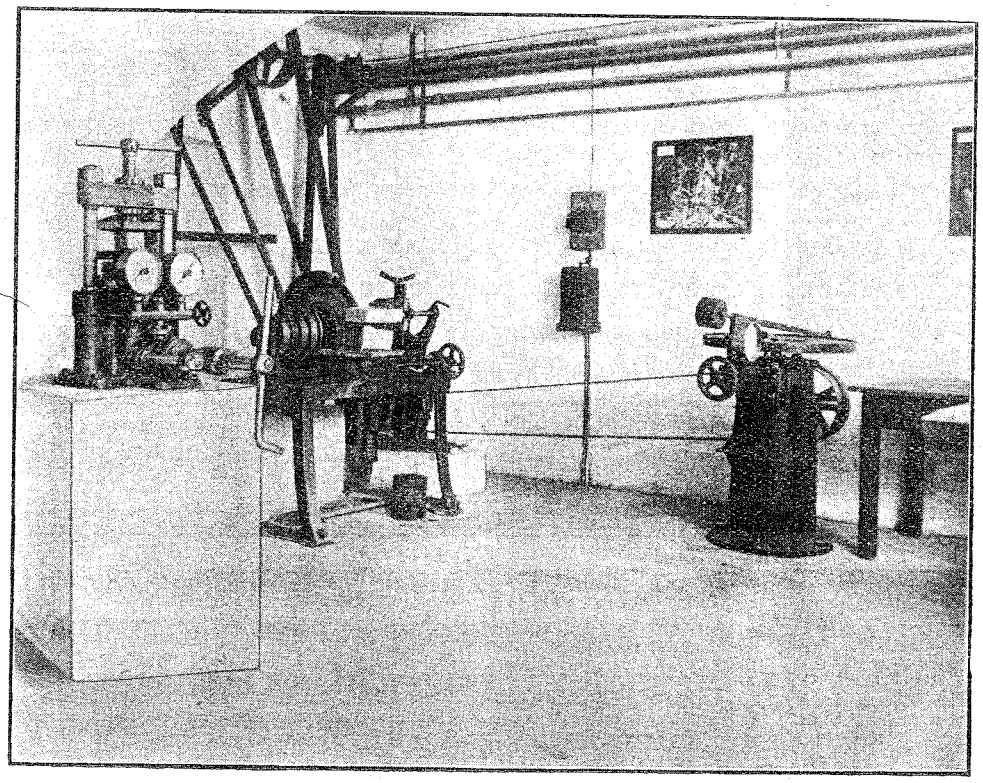
renja na mjestu gradnje kod ispitivanja mostova ili dr. građ. konstrukcija. Specijalno za ispitivanje mostova ima zavod aparat Mantel-Rabut za mjerenje naprezanja po deformaciji, oscilograf i klinometar od Stoppani-a u Bernu, za mjerenje dinamičkog progiba mostova i za mjerenje kuteva zaokreta elemenata konstrukcije.

Za ispitivanje kamena ima zavod kružnu pilu za rezanje kamena, stroj za izravnanje i izgladivanje pobočaka već izrezanih kocaka, stroj za ispitivanje koeficijenta trošenja kod trenja (habanje).

Godine 1929. je na račun Zagrebačke oblasti nabavio Zavod stroj za ispitivanje tučenca na trošivost kod tučenja (Normentrommelmühle) bat

na 250 kgm udarnog rada. Ovaj stroj ima da posluži za ispitivanje kamena na udar, a isto tako i za ispitivanje željeza na udar, i to savijanjem ili rastezanjem.

Vježbe u zavodu, koje se protežu na ispitivanje morta, betona, opeke, eternita, kamena, drva, željeza i dr. te ilustracije za predavanje nauke o čvrstoći: slučajeve savijanja greda, torzije, izvijanja, obavljaju slušači arhitektonskog, građevinskog i strojarskog odjela. Slušači hemijskog odjela obavljaju ispitivanje cementa, a učenici srednje tehničke škole ispitivanje sadre.



Zavod za ispitivanje gradiva. Aparati za ispitivanje cementa i kamena.
Institut pour les essais des matériaux. Instruments pour les essais du ciment et des pierres.

Građevna mehanika.

Građevna se mehanika predaje slušačima arhitektonskog odjela, sa zadaćom, da im dade teorijsku podlogu za konstruktivne predmete. U prvom i drugom semestru obrađuju se pod tim imenom elementi teorijske mehanike i nauka o čvrstoći, a u trećem i četvrtom semestru statika građevnih konstrukcija. Pri izboru gradiva za predavanja i praktične primjere kod vježbanja imade se u vidu dvojak cilj: 1. da se u slušača pobudi i što bolje razvije statičko osjećanje, koje je vrlo važno za ispravno konstruisanje, i 2. da se slušači osposobe za samostalno izrađivanje statičkih proračuna običnih građevnih konstrukcija. Iako prvi od ovih ciljeva, imade primarnu važnost za arhitekta, i na drugi cilj se obraća pažnja s obzirom na specijalne prilike u građevnoj struci kod nas.

Sadašnji predavač ovoga predmeta je univerzitetski docent Kušević, Dr. Ing. Rajko, a prije su ga predavali honorarni docenti Kaiser Ing. Aleksandar (1920/21. do 1921/22.), Vesely Ing. Josip (1922. do 1923.), Flögl Ing. Stanko (1923/24. do 1927/28.).

Stolica za građevne konstrukcije.

Građevne konstrukcije, kao jedan od glavnih predmeta u prvim godinama arhitektonskog i građevnog odjela, imadu zadaću, da prikažu pravilan i svrsishodan sastav raznovrsnog građevnog materijala u konstruktivne elemente gradnje i tih elemenata u potpunu zgradu, koja odgovara svim uslovima svrsishodnosti (utilitarnosti), čvrstoće i trajnosti.

Danas se još može reći, da je moderna arhitektura, koja imade da zahvali svoj tako brz napredak pronašašću novih materijala i time novih konstruktivnih mogućnosti, što se tiče forme, daleko pred konstruktivnim idejama i kako se smjer forme konačno ustalio, težnja je, da se estetska forma učvrsti na svom mjestu sigurnom konstrukcijom. Da bi savremena arhitektura, koja je još vrlo osjetljiva na nekonstruktivnim mjestima, stala na čvrsto tlo, potreban joj je u prvom redu solidan arhitekt konstrukter i izvađač, te dobar obrt.

Kod predavanja i izrade programa građevnih konstrukcija posvećuje se glavna pažnja, da se student uz dobro teoretsko znanje, što više pripremi za posve praktičan rad. Zato se izbacuje sav sada već nepotreban balast, i obrađuju zadaće koje po svom unutarnjem sadržaju i vanjskoj formi odgovaraju potrebama dana.

Kod izradbe programa zahtijeva se od studenata samostalan rad, te se rješavaju samostalni konstruktivni zadaci ili se na zadanu vanjsku formu primjenjuju konstrukcije. Snimanjem izvedenih dobrih konstrukcija nastoji se usaditi smisao i osjećaj za prostornost konstrukcije.

Gradjevne se konstrukcije predaju prva 4 semestra zajedno građevnom i arhitektonskom odjelu.

Profesorska stolica građevnih konstrukcija postoji od osnutka visoke tehničke škole, te ju je do godine 1928. zapremao Gentzkow prof. arh. Karlo. U razmjerno kratkom vremenu velikim je marom i požrtvovnošću sam izradio ili je pod njegovim nadzorom izrađen veliki broj modela svih vrsta konstrukcija i prikupljeni uzorci građevnog materijala i ta lijepa zbirka čini danas temelj budućoj stalnoj izložbi, koja bi, osim fakultetu, mogla služiti javnosti.

God. 1927. bude krof. Gentzkow bolešću, a 1928. godine smrću prekinut u svom radu, i onda vodi stolicu kao honorarni docent asistent Vrkljan ing. Zvonimir.

Željezo-betonske konstrukcije.

Željezobetonske konstrukcije predavane su kao predmet bez profesorske stolice. Prva predavanja držana su god. 1921/22. za treće godište građevnog i arhitektonskog odjela, i to u zajedničkim satovima sve do danas.

Prem su predavanja bila skučena malim brojem sati, uzimale su se glavne metode istraživanja, dimenzioniranja, razdjeljenja materijala, kao i iscrpivi prikaz pojedinih konstruktivnih elemenata. Praktičnim vježbama u cjelini i individualno, prolazilo se kompliciranije sisteme, koji su se do

danas u praksi ustalili. Najveća vrijednost polagala se na ekonomiju projekta, kao na glavni faktor prosperiteta tih konstrukcija.

Osobita je pažnja bila posvećena protivnim interesima građevinara i arhitekata. Prvima je životni zadatak sigurnost i ekonomija, a drugima uz ostalo stvaranje novih forma, bez obzira na ustaljene propise i postignuta iskustva. U tom smjeru nastojalo se poučavati slušače arhitektonskog odsjeka i na vlastitim programima iz drugih predmeta i odgajati ih u inženjerskom duhu za pionire novog stila, kojeg možemo nazvati »stil statike«.

Kao predmet bez stolice željezobetonske konstrukcije nisu imale niti potrebnih instituta ni pomoćnih sila. Savkoliki rad morao je izvršavati sam nastavnik.

Od god. 1921/22. predavao je taj predmet honorirani docent K a i s e r ing. A l e k s a n d e r zaključno do god. 1928/29., kada se na docenturi zahvalio, pa ga je naslijedio honorarni docent J u r a n o v i ć ing. V l a d i m i r.

Željezne konstrukcije.

Željezne se konstrukcije predaju slušačima arhitektonskog odjela u trećem godištu (3 sata predavanja na tjedan u zimskom semestru i 2 sata vježbi u ljetnom semestru). Ovaj predmet može se zapravo smatrati nastavkom i upotpunjenjem kursa »Građevne konstrukcije«. Poseban kolegij za njega pokazao se potrebnim s jedne strane zato, što željezne konstrukcije sačinjavaju zasebno područje, za koje je potreban nastavnik specijalista, a s druge strane zato, što se u »Građevnim konstrukcijama« ne može obratiti toliko pažnje na statičko proračunavanje, koliko je ovdje potrebno. Nakon dovršenja ovoga kursa slušači imaju osnovnu spremu za samostalno projektovanje i proračunavanje željeznih stupova, stropova i običnih krovnih konstrukcija.

Predmet predaje sada univerzitetski docent K u š e v i ć Dr. Ing. R a j k o, a prije njega predavao ga je honorarni docent K a i s e r Ing. A l e k s a n d a r (1921/22. do 1928/29.).

Stolica za mostogradnje.

Stolica za mostogradnje ima zadaću da dade slušačima građevno-inženjerskog odjela temeljito znanje u proračunavanju, projektiranju i izvedbi svih vrsta mostova.

Specijalna pažnja posvećuje se drvenim mostovima, koji kod nas radi obilja drva i malenih troškova a velike potrebe na mostovima imadu naročitu važnost. Slični su razlozi, poradi kojih se posvećuje i velika pažnja mostovima iz betona, armiranog betona i kamena.

Slušači izrađuju projekte uzete iz prakse, i to jednostavne i kompliciranije drvene mostove, armirane betonske gredne mostove, svođene mostove iz kamena, betona i armiranog betona većih otvora do 60 metara, te željezne pune i rešetkaste gredne mostove.

Stolica raspolaže s malom, ali pomno izabranom knjižnicom, sastavljenom od djelâ, koja služe gornjoj svrsi. Nadalje raspolaže čednom zbirkom modela i uzoraka gradiva i uzornih konstrukcija, koja se prama raspoloživim, vrlo malim sredstvima popunjuje.

Predstojnik stolice je od osnutka tehničkog fakulteta odnosno bivše tehničke visoke škole redovni profesor Č a l o g o v i ć Ing. M i l a n.

Profesorske stolice za gradnje cesta i željeznica I i II.

Profesorska stolica »Gradnja cesta i željeznica I. obuhvata studij trasiranja, projektiranja i gradnje »donjeg stroja« za ceste i željeznice, a predaje se u četiri odjela, a tri semestra za slušače geodetsko- i kulturno-inženjerskog odjela, jer ovi ne slušaju u VIII. semestru Gradnju tunela.

Nauka oko polaganja gradnje, održavanja i eksploatacije željeznica je u našoj državi od osobite važnosti, obzirom na to, što smo u predratnoj Srbiji i Crnoj Gori, a pogotovo u oblastima, koje su bile pod tuđinskom upravom, nasljedili samo dijelove raznih željezničkih pruga, koje su građene u cilju navraćanja saobraćaja dvama centrima Beču i Pešti, ili ih nije bilo. One nijesu služile našim potrebama. Organske veze među tim prugama nije bilo, i unatoč toga, što su uz velike napore sagrađene nove željeznice, ta veza u velikoj mjeri još i danas fali. Veliki dijelovi naše države nemaju željeznica.

Rješenje problema naših željeznica i to: povezivanje i podizanje moćnosti postojećih pruga, kao i građenje novih, osobito je teško i zamršeno s obzirom na njihovo postojeće stanje, kao i za to, što nemamo u dovoljnom broju iskusnih stručnjaka, koji bi bili kadri, da taj problem povoljno riješe. Ujedno bi oni morali biti instruktori mladim inženjerima, koji dolaze iz škole bez potrebne prakse. Zato su radovi, koji se kod nas izvađaju, preveć skupi, a kod mnogih su se ukazale i zle posljedice, koje su uvjetovale skupa obnavljanja. Na našem jeziku nemamo stručnih djelâ, kojima bi se mogli poslužiti bilo đaci bilo inženjeri u praksi, a mnogi ne poznaju tuđih jezika. Sve ovo postavlja na profesore i na đake osobito teške zahtjeve. Rad im je otežan i time, što na našem fakultetu, zbog nedostatka budžetskih sredstava, profesori nemju dovoljno pomoćnika, ne mogu da se nabave potrebne knjige, bar na stranim jezicima, kao ni modeli, koji bi prikazivali razne željezničke i ine radove. Ovo bi bilo tim potrebnije, što ovaj fakultet već dvije godine nije dobio nikakovih sredstava za toliko potrebne ekskurzije đaka s profesorima, kod kojih bi đaci mogli da vide, kako se izvode razni radovi. Sve ekskurzije, koje su napravljene, bile su o vlastitom trošku đaka i profesora.

Udruženje slušača je izdalo škripta nekih partija iz Gradnje cesta i željeznica I, prema predavanjima prof. Alačevića ing. Jerka, koji taj predmet predaje od god. 1922./23.

Profesorska stolica »Gradnja cesta i željeznica II« na našem Teh. fakultetu treba da posluži u prvom redu stručnom obrazovanju studenata građevnog odjela u jednoj od najvažnijih grana građevne djelatnosti u našoj državi, u izgrađivanju i održavanju dobrih cesta i željeznica, koje su preduslov bržeg postizavanja državnog i narodnog jedinstva, koliko u političkom toliko u kulturnom pogledu, a bez kojih se ni ekonomsko blagostanje naroda ne može danas postići.

Naročito se bavi ova stolica potrebama željeznicâ, jer dok u donjem stroju ceste i željeznice idu sasvim uporedo i mnogo se ne razlikuju, — u gornjem stroju se potpuno razilaze i usavršavaju svaka u svom pravcu. Glavna karakteristika je kod željeznica: prinudno kretanje po strogo određenoj kolotečini — po kolosecima — i baš to čini veoma kompliciranu željezničku kolosječnu mrežu. Toga nema ni kod jednog drugog saobraćaja i zato je problem gornjeg stroja, problem kolosječne mreže na

stanicama, te problem brzog i sigurnog odvijanja željezničkog saobraćaja zamršeniji od sličnih problema drugih saobraćajnih puteva.

U malom broju časova predavanja predavani su ovi predmeti odnosno poglavlja iz vrlo opsežne literature:

1. Gornji stroj: razvoj, dimenzioniranje, konstrukcija, građenje i održavanje.

2. Stanice i otvorena pruga: Projektovanje stanične kolosječne mreže s potrebnim izračunavanjima, saobraćajna i poslovna postrojenja. Kolosjeci na otvorenoj pruzi. Dvokolosječne i višekolosječne pruge. Velike stanice: putničke, teretne i ranžirske.

3. Sigurnosni uređaji i signalizacija.

4. Odvijanje saobraćaja (u glavnim potezima).

5. Gornji stroj cesta: razvoj, vrste, izbor gornjeg stroja, održavanje.

Na vježbama su izrađivana po dva programa: konstrukcija i dimenzioniranje gornjeg stroja, izračunavanje skretnica i kolosječne mreže te konstrukcija najvažnijih dijelova.

Za diplomski pismeni ispit davani su zadaci iz projektovanja kompletnih stanica sa svim uređajima.

Instituta ova stolica nema, ma da bi bio vrlo potreban. Zbog nedostatka istog, studentima je bilo omogućeno nekolikim izletima na željezničku stanicu i otvorenu prugu — uza sve potrebne mjere sigurnosti — da u praksi vide ono, što su na predavanjima slušali.

Od kako je naša Tehnička visoka škola ustrojena predavali su na ovoj stolici: U školskoj godini 1923/24. Lavrov Ing. A., tada inspektor drž. željeznica kao hon. docent. — U školskoj god. 1924/25. Žakić Ing. Vl., inspektor drž. želj. — U školskoj god. 1925/26. bio je postavljen na ovu stolicu Franić ing. L., dir. drž. želj. u penziji, no kako je on oktobra 1926. preuzeo položaj pomoćnika generalnog direktora drž. želj. u Beogradu, to je na poziv Teh. vis. škole ponovno preuzeo dužnost profesora ove stolice Žakić ing. Vladimir te je kao hon. docent vršio preuzete dužnosti sve do danas.

Stolice za vodogradnje I i II.

Engleski inženjer Telford postavio je definiciju, da je tehnika nauka, s pomoću koje čovjek iskorišćuje prirodno blago ciljem jačanja svoje materijalne kulture.

Takovo prirodno blago je i voda. Ova i kao sastavni dio svakog organizma i kao podloga svakog organskog života, a ne manje kao skup raznih prirodnih sila, sačinjava temelj narodnog gospodarstva. Njezino djejstvo u poljoprivredi, njezino iskorišćenje u prometne svrhe, mogućnost njezinog mehaničkog iskorišćenja, njezin značaj sa higijenskog gledišta i t. d. jesu čimbenici, koji su od vajkada imali glavni udio kod postanka i procvata ljudskih naseobina i država. Primjerice neka bude spomenuto, da su se najmoćnije i najkulturnije države na početku historijskog doba nalazile na velikim rijekama, gdje je postojala mogućnost iskorišćenja vode u poljoprivredne i prometne svrhe, a gdje je ta mogućnost primjenom tehnike (vodograđevine za odvodnjenje i navođenje vode) faktično i ostvarena. Doklegod su ove građevine postojale, postojala je i tamošnja materijalna kultura, a sa propašću tih građevina, prestao je i sav tamošnji državni i kulturni život.

Ima međutim slučajeva, da voda ima štetan učinak po kulturno nastojanje čovjeka. Često se ona pojavi u takovoj količini i u takovom obliku, da ugrožava i uništava kulturne vrijednosti. Nastaje potreba obrane. Ova se obično ne može provesti bez udruženja u većim zajednicama i zadrugama niti se može provesti bez izvjesnog idealizma, koji zahtijeva, da se privatni interes podredi javnom interesu. Mnoge moderne države imaju svoje današnje materijalno blagostanje zahvaliti prvenstveno okolnosti, da se je njihovo stanovništvo već u davno vrijeme postavilo na ovakovo idealno stanovište te da je obrana od vode na zadružnoj podlozi sustavno provedena (Italija, Holandija i t. d.).

U primitivnim kulturnim prilikama je voda javno dobro kojim se služi svaki po miloj volji bez stege i ograničenja. No sa napretkom kulture i porastom pučanstva postaje ona gospodarsko dobro. Prema tome mora da nastane potreba vodnog gospodarstva, koje ide za tim, da se poluči, ne samo obrana od prekomjerne vode prema gore izloženom — to je u neku ruku iskorišćenje vode u negativnom smislu — već da se sva raspoloživa voda što bolje razdijeli i upotrebi za kulturne potrebe čovjeka, što predstavlja iskorišćenje vode u pozitivnom smislu. Kako su ove potrebe danas vrlo složene i komplicirane, jer su u vezi sa ostalim granama gospodarskog života i sa kulturnim stepenom pučanstva, to je i problem iskorišćenja vode u obadva smisla vrlo kompliciran, a njegovo rješenje zahtjeva ne samo visoku inteligenciju već i razmjernu energiju.

Kraljevina Jugoslavija leži na sastavu velikih rijeka, a njene obale oplakuje more na daljini od preko 600 km. Njezine vodne prilike pokazuju silne ekstreme. Godišnja padavina diferira na pr. između 5000 mm na gorama kod Jadranskog mora i 500 mm u banatskoj nizini. Pojava ekstremnih suhih i mokrih perioda je vrlo česta. I u sastavu kulturnog tla postoje velike razlike počevši od spužvastog rijetkog treseta sve do nepropusnog lapora. Sve to dokazuje, da je za polučenje urednog vodnog gospodarstva u izloženom smislu potreban kod nas intenzivni i temeljiti tehnički rad decenijama i decenijama.

Do sada je najviše učinjeno oko obrane od vode i melioracije tla. Imamo blizu 100 većih vodnih zadruga a potrebno ih je još barem jedan put toliko. Dvije najveće — pančevački rit i Županja-Mitrovica — upravo sada izvode radove, koji i svojom koncepcijom i svojim dimenzijama zaslužuju pozornost najšire tehničke javnosti.

U vezi sa komasacijom zemljišta, a i neovisno od toga, ustrojene su do sada bezbrojne vodne zajednice za provedbu sitne melioracije u uzanim granicama. Prije ili kasnije svaka će okolica a malne svako selo u nizini imati da provede ove vrsti organizaciju. I kod nas će vrijediti načelo, da posjednik, koji svoj posjed tehnički ne meliorira, neće moći opstajati.

Spomena vrijedne su i drenaže iz glinenih cijevi, koje su veliki posjednici izveli prije ujedinjenja na površini od oko 10.000 hektara a koje predstavljaju veliku vrijednost, a ne manje ribnjaci za umjetni uzgoj ribe na površini od 5.000 hektara, koji su već odavna u pogonu te uživaju evropski glas.

U južnim krajevima naše države postaje što dalje to akutnije pitanje navodnjavanja, bez kojeg se tamo ne može uspješno gospodariti. Isto tako se dižu ozbiljni glasovi u interesu poboljšanja plovidbe naročito na Savi, koja bi se imala učiniti plovnom sve do Zagreba.

Stojimo i pred važnim problemom izgradnje naših vodnih snaga. Za racionalno rješenje toga pitanja potreban je katastar vodnih snaga, kako ga imadu naprednije države, a koji kod nas postoji još iz austrijskih vremena samo u Dravskoj Banovini i u Dalmaciji. Krajnji je upravo čas, da se osnuje katastar vodnih snaga i za ostale dijelove naše države.

Vodne snage Jugoslavije imadu većim dijelom svoj minimum u sušno doba godine ljeti. Paralelno sa izgradnjom vodnih snaga trebat će izvođenjem opšte državne elektrifikacije izgrađivati i kalorične rezerve, da se naknadi taj manjak, što će se dati lako provesti, jer imademo dosta kamenog ugljena u pretežno većem dijelu države.

U zapadnim dijelovima države postoji mogućnost, da se povezivanjem vodnih snaga područja sa raznim klimatskim prilikama paralizira loš upliv sezonskih minima.

Na rijeci Dravi mogu se od državne granice do Varaždina izgraditi vodne snage u veličini oko pol milijuna konjskih sila, od kojih je do sada izgrađena samo Fala. I na Krasu postoji mogućnost, da se duž Jadrana, od Sušaka do Bara, izgrade vodne snage većeg kapaciteta.

Dravske vodne snage imadu svoj minimum u zimsko doba godine, kad zamrznu njeni izvori u Alpama. Ljeti prolaze Dravom obilne vodne količine, koje dolaze sa ledenjaka njenog vrelišnog područja. Kraške vodne snage imadu normalno svoj minimum za vrijeme sušnog ljetnog perioda, u zimsko su doba one redovito jake.

Spajanjem obih grupa zajedničkom električnom mrežom dobit će se preko čitave godine skupna vodna snaga, koja ne će pokazivati većih varijacija, kako bi to bio slučaj, da se svaka grupa izgradi zasebno.

Većina naših gradova nema moderno izgrađenih vodovoda i kanalizacija, da ne govorimo o selima, gdje su prilike još i gore. Naročito je važno riješenje toga pitanja za mjesta, koja leže na Krasu, gdje je dobava potrebite vode često vrlo teška. Tu su kadšto moguća samo skupna rješenja toga pitanja, koja ne mogu izvesti pojedine općine, već je zato potrebna inicijativa i izdašna pomoć sa strane države.

Može se bez pretjerivanja tvrditi, da materijalno blagostanje širokih slojeva u našoj Kraljevini i procvat općeg gospodarskog života ovise prvenstveno o povoljnom rješenju ovih problema. Za to je međutim potrebna legija vrsnih inženjera, koji će unijeti u svoje praktično zvanje ne samo solidnu stručnu naobrazbu, već i ljubav naprama stvari te poznavanje potreba zemlje i naroda.

Disciplina o Vodogradnjama, koja je na Tehničkom fakultetu razdijeljena na dvije katedre, predaje se u vidu izloženih smjernica, te obuhvaća sve naučne grane kojih poznavanje je potrebno za rješenje problema vodnog gospodarstva i graditeljstva. Ovamo spadaju: praktična hidraulika, hidrografija, hidrologija, hidrometrija, nauka o sredstvima za obranu od vode i za meliorāciju tla, nauka o građevinama ciljem poboljšanja i i omogućenja plovidbe, izgradnja i iskorišćenje vodnih snaga, vodovodi i kanalizacije gradova, konačno nauka o fundiranju građevina, potrebna kod izvođenja svih gradnja građevno-inženjerske struke.

Dio imenovanih predmeta slušaju i slušači Geodetsko-kulturno-inženjerskog odjeljenja.

Katedrama ne stoji na raspolaganje zavod za pokusno proučavanje hidraulitičkih problema i vodnih građevina, što bi s obzirom na važnost ove discipline po privredni život naše kraljevine bilo vrlo potrebno.

Stolice za vodogradnje zapremaju redovni profesori Rieszner ing. Valerijan i Bella ing. Stjepan.

Stolica za arhitektonske oblike.

Prikaz ove discipline iznosi prof. Iveković Ćiril M. u posebnom naučnom prilogu ovog Godišnjaka, pa se ovdje upućuje na tu raspravu.

Stolica za povijest umjetnosti.

Povijest umjetnosti ima da uputi slušače arhitekture o onim elementarnim pojmovima umjetnosti, koji su za njihovo zvanje od prijeke potrebe. Prva je zadaća tog predmeta da ih se lako shvatljivim načinom pouči o estetskim zakonima umjetnosti uopće, njezinih triju glavnih grana, a naročito o estetici arhitekture. Tako se oni strogom logikom estetike upućuju u bit umjetnina, a praktična je korist takve obuke, da će moći danas sutra estetskim zakonima logike opravdati prema svakoj kritici bilo svoj projekt, bilo svoje izvedeno djelo. U tom se uvodu konačno upućuju budući arhitekti o njihovom zvanju uopće te o kulturnom položaju arhitekta u prošlosti i sada. Predmet ima da upozna slušače s glavnim spomenicima svjetske i domaće umjetnosti, pa da im dade jasnu karakteristiku stilova. Gotovo najvažnija je zadaća tog predmeta, da o tom uvjeri mladež, koja se lako izgubi u modernizmu — da prošla umjetnost nema samo historičku vrijednost, da nipošto nije samo historički uvod u obuku iz arhitekture, pa da ona ne služi samo za enciklopedičku izobrazbu arhitekta, nego da je historija umjetnosti skupina svih onih umjetničkih sila, koje su stvarale umjetnost u prošlosti, a te iste će je sile stvarati i u budućnosti. Te su sile uvijek tu, a vječno će ostati, bez njih nema uopće umjetnosti, niti modernog umjetničkog stvaranja, a historički stilovi nisu ništa drugo no preponderancija jedne od tih vječnih sila. Historija umjetnosti nije po tom samo retrospektivna i nemoderna, nego baš naprotiv vječno aktuelna i važna disciplina, jer vrijedi za sve prilike čovječanstva. Ta ona obuhvaća i najmoderniju umjetničku periodu. (Aktuelnost historije umjetnosti).

Dalnja je zadaća tog predmeta, da se stručnim promatranjem izoštri kritično gledanje slušača, da se pobudi kod slušača razumijevanje za vrijednost postojećih historičkih spomenika, da bi ih znali čuvati, renovirati, pa da ih ne kvare i ne ruše, a konačno je svrha, da slušače, koji zato imadu naročiti dar, pomoću pojedine literature, što bi im ih preporučio nastavnik — pripravi te izobrazi za stručni i literarni rad, kome se u drugim zemljama toliki arhitekti posvećuju.

Tako je povijest umjetnosti — koja je danas daleko prekoračila granicu i značenje svog prvobitnog tradicionalnog naziva — jedan od najvažnijih predmeta, ali svakako uvodni predmet arhitektonskog odjela.

Starija naučna osnova razdijelila je predmet u stari, srednji i noviji vijek. Obuka za stari vijek je još god. 1922. povjerena arh. Fetisovu Pavloviću Petru, kao honor. docentu, kasnije izvanrednom profesoru tehničke visoke škole, a ostale periode preuzeo je god. 1923. honorirani docent Knoll dr. phil. Petar, komu je iza smrti profesora Fetisova, a počam od zimskog semestra 1928/29. povjerena obuka za cijelu Povijest umjetnosti.

Stolica za graditeljstvo.

Već od osnutka Tehničke visoke škole, današnjeg Tehničkog fakulteta, postoji profesorska stolica za Graditeljstvo.

Rad se ove discipline dijeli u teoretski, koji slušači upoznavaju u predavanjima, i praktični, koji se sastoji u osnivanju svih vrsta građevina. U predavanjima prikazuje se historički razvoj graditeljstva, potreba i raspored prostorija raznih zgrada, njihovo plošno i prostorno dimenzioniranje, te građevni sastav s obzirom na ekonomiju uporabe i obrade građevnog materijala i na tehničku i statičku ispravnost konstrukcija. Stečeno teoretsko tehničko znanje iz ranijih godina proširuje se i produbljuje, te se ono primjenjuje u osnovama, s naročitim obzirom na savremene probleme u graditeljstvu.

Praktični rad odnosi se pretežno na osnivanje utilitarnih građevina, ne puštajući pri tome s vida i rješavanje arhitektonsko-estetskih pitanja. Slušači izrađuju tečajem jedne godine barem 3 projekta, koji se odnose na zadatke počevši od privatnih stabenih zgrada, do bogatih javnih građevina, koje služe kolektivnoj svrsi.

Pri tome se razrađuju pojedini važniji i interesantniji dijelovi u tančine, te se prikazuju do u detalje, uz njihov konstruktivni sastav, i arhitektonska kompozicija.

Ovu profesorsku stolicu zastupa od osnutka red. prof. arh. Šen Edo.

Stolica za arhitektonske kompozicije.

U trećoj godini opstanka Tehničke visoke škole u Zagrebu, današnjega Tehničkoga fakulteta, osnovana je na toj školi profesorska stolica za arhitektonske kompozicije. Slušači — nakon teoretske pripreme u u prve dvije godine — imadu da primjene i prošire stečeno znanje, tako, da rješavaju osnove visoke gradnje u višemu smislu t. j. prema zakonima arhitektonske kompozicije i umjetničkim težnjama savremene građevne umjetnosti. To je svrha arhitektonsko-kompozicijonih vježbi. Opseg vježbi obuhvaća sve vrste visokih gradnja, i onih, kod kojih je problem rješenja zadatka pretežno estetske naravi, kao i industrijskih i drugih potpuno utilitarnih građevina. Kod potonjih primjenjuje se shvaćanje, da se kod osnivanja tih građevina ne smije lučiti praktički momenat od estetskoga. Time je — protivno zastarjelom shvaćanju — znatno proširen opseg ovoga predmeta, jer se je do nedavna postupalo strogo prema akademskoj metodi, koja je zanemarivala, šta više i isključivala iz djelokruga umjetnosti građevine, ako su služile t. zv. utilitarnoj svrsi. Tokom dviju godina izrade slušači svaki barem četiri projekta. Opseg i zahtjevi zadataka tokom studija postepeno se povećavaju. Važni konstruktivni dijelovi obrazlažu se statičkim računom. Interesantnije osnove predočuju se modelima.

Ove godine raspisao je prof. Ehrlich Hugo prvi puta interni natječaj, kod kojega mogu sudjelovati slušači III. godišta. Zamisao natječaja nikla je iz nastojanja, da se pobudi čim veći interes za predmet i da se slušači po mogućnosti što više uvedu u prilike praktičnoga života. Natječaj održaje se u svim detajlima prema uobičajenim internacijonalnim propisima, a nagrade pridonaša iz privatnih sredstava prof. Ehrlich Hugo.

Stolicu za arhitektonske kompozicije zauzeo je nakon njenoga osnutka god. 1921. sada pokojni profesor K o v a č i ć V i k t o r. Ne opirući se u glavnom individualitetu pojedinoga slušača, provađao je ipak u glavnome klasicistički smjer. Tim prividnim akademizmom nastojao je slušače svesti na sređenost i jedinstvenost u koncepciji njihovih osnova. Detaljnim snimanjem građevina, koje već postoje, omogućeno je slušačima, da vode obrnutim putem kontrolu i prispodobu prostornoga dojma pojedinih građevina s planom na papiru. Kolektivnom izradbom stavljenoga zadatka proučene su sve mogućnosti rješenja do sitnih pojedinosti. Već u prvim počecima naučnoga rada prekinula je smrt lijepa nastojanja, koja su, i ako kratkotrajna, donijela vrijedne plodove izobrazbom prve generacije, proizašle iz zagrebačke Visoke tehničke škole.

Nakon kratkoga interregnuma pozvan je god. 1925. na katedru arhitekt E h r l i c h H u g o, koji je nastavio i dalje izgradio rad oko odgoja stručnoga naraštaja. U predavanju o arhitekturi najnovijega doba upoznavaju se slušači s djelima i nastojanjem savremene građevne umjetnosti, a u predavanju o arhitektonskoj kompoziciji s teorijom kompozicije i njezinim zakonima.

Zadaće sastavljaju se raznolično i individualno. Često se uzimlju aktuelni lokalni građevni problemi, kod česa se zahtijeva i rješenje urbanističke strane zadaće. Osnove rješavaju slušači — bez naročite sugestije — potpuno savremeno tako, da je akademski način stare škole pomalo sam od sebe iščeznuo. Nijednom se rješenju ne stavljaju zapreke, ali se posvećuje najveća pažnja sređenosti i skladnosti osnova u formalnom i praktičkom pogledu. Time, što je nestalo čiste formalne kompozicije, koja nema besprikorne konstruktivne podloge, dovedena je obuka u najužu vezu s praktičkim stvaranjem, te je na minimum smanjena opreka između tehničke školske naobrazbe i faktičnih potreba života i prakse.

Stolica za gospodarsko i industrijsko graditeljstvo.

Zadaća je akademski obrazovanoga tehničara ne samo, da u danom slučaju i na poziv osnuje i izgradi svrsishodne građevine, već on mora narodu da bude učiteljem, da ga upozori, kako će što bolje, a ne skupo, izvađati svoje građevine i kako će zgodnim građevinama moći svoj prirod da uščuva do vremena potrebe njegove potrošnje.

Koliko li nam samo ugine krme, jer još u cijeloj Kraljevini Jugoslaviji nije dostatna pažnja posvećena spremanju zelene krme! Sigurno da pogibija stoke često ima uzrok u loše izgrađenim stajama. I spremanje zelene krme, kao i iskorišćivanje nedozrelog voća, a pogotovo izgradnja staja iziskuje nesamo potpunu spremu gospodara, već i graditelja, koji treba da izgradi podesne zgrade.

Za ovu vrst građevina ima u naprednijim, odnosno bogatijim državama, pokušališta, gdje se ta pitanja ispituju izvođenjem pokusa, te onda privađaju svojem rješenju. Ove inozemne pokusne stanice ističu, od kolike je važnosti, da se izgradnja odnosnih gospodarskih građevina i uređaja povjerava samo akademski obrazovanim arhitektima, koji poznaju u tančine svojstva gradiva, njihov vez i sastav, da mogu, iskoristiv mjesne okolnosti, izvršiti svrsishodnu i jevtinu građevinu, kakova je od nužde gospodaru, koji teži svoju zemlju.

Mi smo danas upućeni samo na proučavanje uspjeha stranih nam zemalja, a ne znamo za sigurno, što li se može, a što li ne može s uspje-

hom pretočiti na naše prilike. Upućeni smo i pretežito na stranu književnost, a da se je rijetko tko od nas mogao uvjeriti u naravi o djelovanju novijih gospodarskih naprava.

Industrijsko graditeljstvo je u nas najmlađa grana graditeljstva, koja se je baš u posljednom desetljeću ponajjače preobrazila. Prekinute su i zabačene stare tradicije i pošlo se posve novim smjerom. Sve se više polaže pažnja toku proizvodnje, uvozu sirovina, njihovoj preradbi, izradbi nove tvorevine i predaji njenoj u promet. Odbačen je sav balast slučajnog spremanja prama mjesnoj mogućnosti, već treba da se sve odvija u unapređivanju izvršbe rada sa što većom štednjom prostora i radne snage.

Došlo se je do spoznaje, da samo u svijetlim i zdravim prostorijama može da se proizvodi zdrava, dobra i lijepa roba. U zračnim i svijetlim prostorijama jače se i izrabljuje radna snaga radnika, a da se on ipak ne iskorišćuje do obnemoglosti.

Uz tvornička naselja treba udesiti uredbe, koje pružaju radničkoj obitelji poželjne olakšice, jer i opet samo onaj radnik, koji u svojoj obitelji nalazi utjehe, a ne novu brigu, dat će industriji svu svoju fizičku snagu.

Nas treba u prvom redu da zanimaju tvornice, u kojima se iskorišćuju zemaljske plodine, preradba mesa, spremanje riba, vađenje rudača, njihova preradba, pa sve tamo do teške željezne industrije. Za sve te grane ne mogu se izraditi opća pravila, već ih treba individualno obraditi. Uz ove opet treba upozoriti na higijenske potrebe radnika pojedinih vrsta industrije, potrebe njihovih obitelji, kao i proučavanje mjesnih okolnosti gradilišta, a da se uzmogne odrediti gdje, kamo i kada se može smjestiti koja od industrija.

Ne manju važnost treba pokloniti i vanjskom obliku ovih građevina. Već prema mjestu gdje se grade, treba im izgled udesiti prama okolišu. Izgradnja tvorničkih naselja u gradovima ima druge zahtjeve od izgradnje u ladanjskom okolišu, u slobodnoj prirodi. Prirodne krasote ne valja materijalistički uništavati poradi većeg iskorišćivanja u industrijske svrhe.

Ove su građevine i većeg opsega. Nije dovoljno stoga poznavati samo građevne ustroje, koji se odnose na upotrebljivost građevina većeg opsega, već treba imati na umu, da u tim naseljima živi, radi i zarađuje mnoštvo svijeta, koji u većem dijelu uzdržavaju i obitelj. Ove građevine treba da dadu radništvu ne samo potpunu tjelesnu sigurnost, već treba da su trajne i otporne ne samo vremenskom utjecaju, već i elementarnim nepogodama.

U opseg ove stolice spada također Izvođenje gradnja.

Razloživ slušačima zadaću izvađača gradnje, opisuje se uređaj gradilišta od početka gradnje sa nuždom raznih nabavaka gradiva i građevnog pribora. Opisuje se redosljed izvedbe i razne zanatlijske radnje, kako se vrši nadzor nad izvedbom, na što valja paziti kod preuzeća gradiva i gotove izvedbe kao i kako se pojedine izvedbe obračunavaju.

Od ne manje važnosti je i sastav dokaznice mjera, proračuna troškova, te razložnik cijena. Kako se radnje raspisuju za izvedbu i kako se preispituju ponude, te napokon obračunski elaborat čitave građevine.

Za jednostavne izvedbe imademo u tu svrhu kod kuće dovoljno i dobrih primjera, pa je tako tumačenje olakšano, nu za moderniji način izvedbe mora se profesor ograničiti na teoretiziranje. Za moderni uređaj gradilišta, koji ne koči ulični promet, niti buni susjedstvo, nemamo kod

kuće primjera, kao što nemamo kod kuće još mnogih strojnih naprava, kojima se u inostranstvu i arhitekti i građevinari uveliko služe.

G r a d i t e l j s t v o. Svrha ovom predavanju nije da se đaci obrazuju za arhitekte, ili barem graditelje, već im je potrebno znanje o graditeljstvu da znadu kakav je ustroj građevina, u kojim će vršiti svoje buduće zvanje. U mnogim se bave i uzdržavanjem građevina, kao i izvedbom pregradnja u postojećim građevinama, kao i podizanjem povremenih građevina, da zaštite nenadano pridošlu sirovinu, ili preobilje proizvodnje, a možda i u svrhu ukonačivanja radništva.

Za to im je potrebno poznavanje gradiva i njegovo iskorišćivanje. Treba da poznaju vrsti stijena, nastroplja, podova i krovišta, naročito pako izgradnju t. zv. lahkih građevina. Imadu da se nauče čitati nacrte.

Ovu stolicu zaprema od njenog osnutka profesor H o l j a c arh. J a n k o.

Stolica za ornamentalno i figuralno crtanje, akvareliranje i nauku o bojama.

Ornamentalno crtanje ima da upozna slušače s glavnim historičkim stilovima u ornamentici. Izvađanje ornamenata dovodi slušača do upoznavanja sviju važnijih tehnika grafičkoga prikazivanja, pa na taj način budući arhitekt stiče solidnu podlogu za svoje kasnije stvaranje.

Kod figuralnog se crtanja slušač bavi prikazivanjem ljudskih figura u raznovrsnoj tehnici, a kratki kurs anatomije ima da služi kod toga kao znanstveno pomagalo. Zbirka figura i ornamenata u sadrenim odljevima, koja je za sada još skromna, pomalo se upotpunjuje.

A k v a r e l i r a n j e pruža budućim arhitektima mogućnost, da upoznadu u tančine akvarelnu tehniku, a ta će im onda biti prečesto od velike koristi kod izvođenja njihovih projekata.

Kod nauke o bojama mogu slušači da upoznadu boje, njihova dobra i zla svojstva u međusobnom djelovanju te način kako se postizava ugodna harmonija boja. Mnogobrojni pokusi imaju da pokažu međusobni odnos boja i zakone, koji vladaju kod njihovoga miješanja. Pokusima se nadalje pokazuje mogućnost mjerenja boja, njihove svjetloće i sjaja. U tu svrhu služe precizni aparati kao fotometar, kolorimetar, chrometar, pa ima nade da će se u dogledno doba sakupiti dosta materijala i aparata za malu postaju za mjerenje i istraživanje efekata boja.

Ovu stolicu zaprema od njenog osnutka profesor V u k i ć M i l a n.

Stolica i zavod za konstrukciju strojevnih dijelova. Stolica za prenosila i dizala.

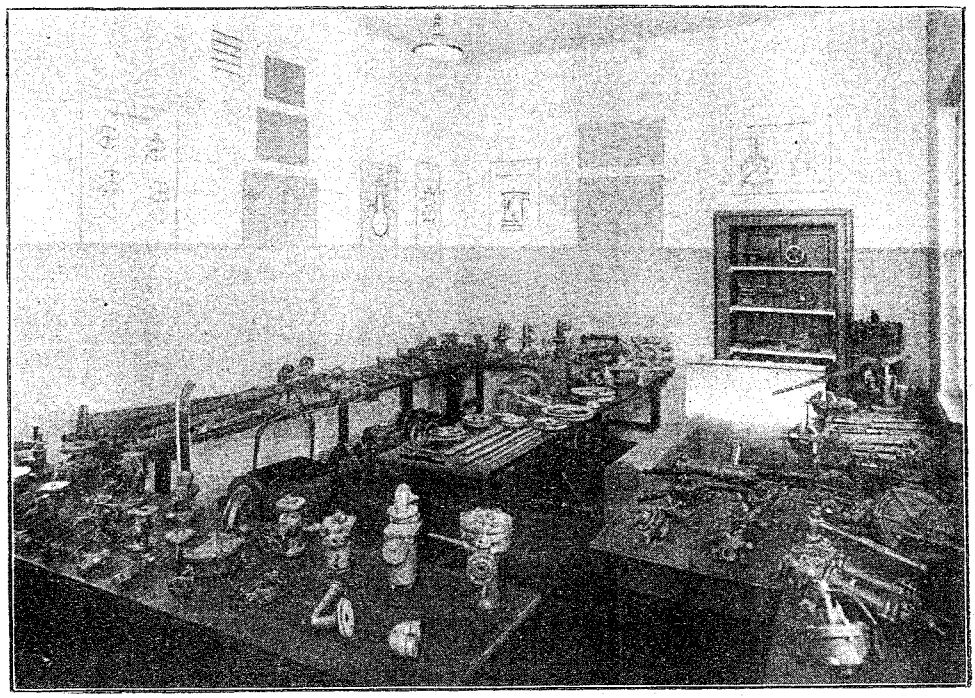
Historijat. God. 1919. ustanovljena je stolica za E l e m e n t e s t r o j e v a, koja je kasnije preimenovana u stolicu s t r o j e v n i h d i j e l o v a. Ona ima zadaću da uputi slušača u konstrukciju i teoriju sviju vrsti dijelova, iz kojih su sastavljeni razni strojevi. Zbog toga je ovaj predmet osnova praktičnog strojarskog studija.

Slušač prvih semestara, koji je tek došao iz srednje škole, nema još osjećaja za praktične strojarske forme. Za nj je gradnja i proračun strojarskih oblika novi teren, na kojem se veoma teško kreće, dok u toku vremena ne dobije osjećaj za novu struku. Taj se osjećaj može postići najbrže i najbolje zornim načinom time, da slušač vidi prave strojevne dijelove u pravoj veličini i u pravom materijalu.

Zato se je odmah otpočelo sa sastavljanjem zbirke strojnih dijelova, kod čega su pomogle državne institucije i privatna industrija s velikim brojem interesantnih i za nastavu vrlo potrebnih strojnih dijelova. Ova se zbirka od godine do godine proširuje i to najviše darovima, naročito domaće strojarske industrije, koja se našem pozivu rado odazvala i poklonila niz uzoraka.

God. 1928. osnovan je uz stolicu i zavod sa zadaćom, da se uz zbirku uvede i laboratorij za naučno ispitivanje pojedinih strojevnih dijelova, kako ga imadu već neke veće tehničke visoke škole u inostranstvu.

Početak se svakoga strojarskog laboratorija sastoji u prvom redu iz vlastite radionice, izrađujući sama najveći dio sprava za pokuse, da se



Zavod za konstrukciju strojevnih dijelova. Zbirka.
Institut pour la construction des éléments de machines. Collection.

onda proširi u laboratorij. Ta radionica već postoji kod nas, pa se u njoj već izrađuju sprave za ispitivanje tako, da će se doskora otpočeti s laboratorijskim radom.

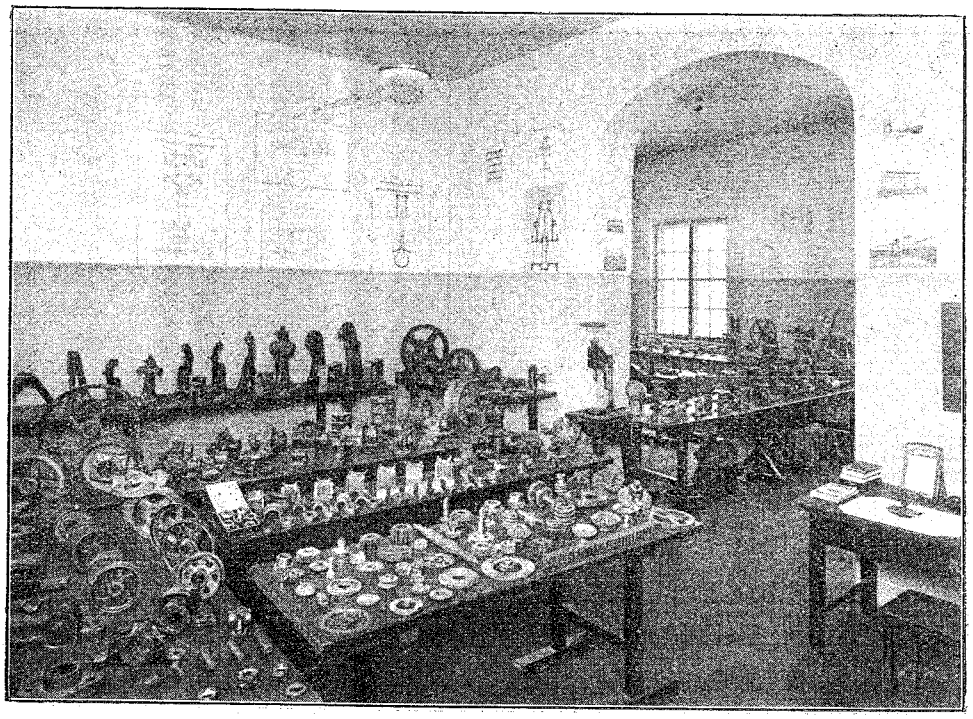
Ovom zavodu dodijeljena je također i stolica za P r e n o s i l a i d i z a l a.

S a s t a v n i d i j e l o v i z a v o d a.

A. Z b i r k a s t r o j e v n i h d i j e l o v a. Ova zbirka imade zadaću, da skuplja pojedine dijelove, iz kojih sastoje termički, hidraulički i transportni strojevi na pr. dijelovi parnih turbina: lopatice, brtvenice, dovodni aparati ili najvažniji dijelovi lučkih prenosila. Kako zbog visoke cijene nije moguće da se nabave čitavi strojevi, to se u zbirci mogu sakupljati samo najvažniji konstruktivni detalji tih strojeva. Ovi dijelovi omogućuju studij detalja, a poznavanje detalja je preduslov dubljeg znanja.

U zbirci treba da bude od svakog strojnog dijela barem jedan reprezentant, da se mogu slušačima pokazati u pravome omjeru i s pravim dimenzijama sve konstrukcije, koje se moraju znati kod gradnje strojeva. U tom pogledu služi zbirka kao pomagalo kod predavanja i kod konstruktivnih vježbi. Osim toga treba slušačima omogućiti, da u zbirci mogu studirati razvoj pojedinih konstrukcija, pa se zbog toga sakupljaju i sve stare konstrukcije, iz kojih se može taj razvoj razabrati.

Treću zadaću imade zbirka, da se u njoj sakupljaju svi interesantni slučajevi o utrošenju strojnih dijelova prevelikih opterećenja ili krivoga upotrebljavanja. Ovi predmeti nam daju mogućnost studiranja bolesti



Zavod za konstrukciju strojevnih dijelova. Zbirka.
Institut pour la construction des éléments de machines. Collection.

strojeva. Za konstruktera su ovi dijelovi najinteresantniji, jer na njima može upoznati, u koliko je teoretskim proračunom predvidio sve moguće sile, koje nastoje da u pogonu pomrse njegovu konstrukciju.

Na taj način nam ova zbirka pravilno konstruiranih i bolesnih dijelova daje najbolji materijal za anatomiju i patologiju strojeva.

B. Zbirka nacrta. Ova zbirka sadržava sve važne nacrte, koji su najvećim dijelom poklonjeni od specijalnih tvornica inostrane industrije: među njima nalaze se mnoge konstrukcije, koje inače tvornice upotrebljavaju za svoju internu uporabu, predstavljajući u neku ruku tvorničku tajnu. Ovi nacrti u glavnom služe za studij nastavnom personalu, jer predstavljaju najnovije konstrukcije, na osnovi kojih je moguće studirati najnovije nepublikovane pronalaske strojarske tehnike i saglašenje teorije sa praktičnom izvedbom. Osim toga slušači ih upotrebljavaju kao pomagalo za teže konstruktivne radove.

C. Knjižnica je tek u početku razvoja, jer postoji samo dvije godine. Zbog toga je još razmjerno mala, ali ipak sadržaje već i znatan broj specijalnih djelâ svjetske literature.

D. Laboratorij. Dok strojarski laboratorij ima zadaću da ispituje kompletne strojeve u pogonu s obzirom na njihove tehničke i hidrauličke osebine i s obzirom na njihov stepen iskoristivosti, to se u laboratoriju ovog zavoda ispituju prije pomenuti dijelovi, iz kojih su sastavljeni strojevi. Laboratorij imade zbog toga vanredno široko polje, za naučni rad na području čitavog strojarstva. Budući da je njegov program veoma opširan potrebno je nekoliko godina, da se sagradi najveći dio sprava za ispitivanje, djelomično ili u cjelini, u vlastitoj radionici.

Za kratko vrijeme bit će gotov stroj za ispitivanje koeficijenta ležajnog trenja u svrhu studija primjene hidrodinamičke i adsorpcijske teorije na praktične izvedbe.

Na ovom primjeru najbolje se vidi zadaća ovog laboratorija. Dok strojarski laboratorij, na pr. kod ispitivanja parne turbine kao kompletnog stroja, ispituje prije svega termični stepen iskoristivosti kod raznih temperatura i pritisaka, ovaj laboratorij ispituje pojedine dijelove turbine, kao brtvenice, lopatice, ležaje ili rotore. Dok se kod ispitivanja kompletnog stroja na kraju trajnog opterećenja samo konstatira temperatura ležaja, u ovom se laboratoriju traže na prije spomenutom stroju dublji razlozi više ili niže temperature, koja je u vezi s manjim ili većim gubitkom energije i što uzrokuje efekat. Istražuje se, koji utjecaj ima viskozitet ulja, specifički pritisak, brzina i adsorpcijska osebina ulja i t. d. U ovom smislu raširit će se djelovanje i na ispitivanje armatura, lopatica, zupčanih i pužnih pogona. Remenski i konopni pogon stavlja nove zadaće na konstrukcije, koje se mogu riješiti samo određivanjem raznih koeficijenata, s kojim se rektificira čista teorija. Laboratorij zasada ima zadaću, da služi naučnom radu nastavnog personala i da omogući naprednijim slušačima istraživanja, koja su potrebna za razjašnjenje nekog stanovitog problema, i da se upute u naučni rad. Kad laboratorij bude dovoljno proširen, svaki će slušač morati i sam da ispituje strojne dijelove.

E. Dvorane za konstruiranje ili crtaonice. Crtaonice služe osim strojnoj konstrukciji djelomično i drugim predmetima, za koje se zbog oskudice prostora u zgradi tehničkog fakulteta ne mogu rezervirati zasebne sobe. Kako se najvažniji i najopširniji dio rada slušača u zavodu obavlja u crtaonicama potrebno je, da se naročito istakne i ovo djelovanje i objasne važne zadaće, kojim služe konstruktivne dvorane u okviru zavoda.

U crtaonicama mladi tehničar kuša sam da gradi i konstruira slične konstrukcije, koje je već vidio, teoretski promozgao i računao. Ovdje se početnik pod vodstvom nastavnog osoblja upućuje u to, da stvara sam nešto, da svoje misli fiksira na papir u tehničkom jeziku, u nacrtima. Oslanjajući se na postojeće izvedbe stvara sam slične konstrukcije, koje odgovaraju novim zahtjevima.

Crtaonice su prava priprema za kasnije praktično djelovanje. Ovdje se mora raditi točno onako kao u praksi. Svaka apstraktna školska metoda, kako ih djelomično još danas nalazimo na tehnikama i koje su naslijeđene iz prvog doba opstojanja tehničkih visokih škola, štetna je za odgoj za praktični život.

Kako praksa traži od inženjera sve njegovo teoretsko i tehnologičko-konstruktivno znanje, tako mora i crtaonica tehničara zainteresirati za

cijeli niz problema, u čemu se sastoji i njegova strojarska sposobnost, kako se mora koristiti postojećim rezultatima. Ovdje je slušač prinuđen da traži pomoćni materijal za svoju zadaću u knjigama i tehničkim listovima. Konstruktivni ga rad zbog toga sili, da se upozna s tehničkom literaturom.

Na taj se način najlakše upoznaju publikacije i knjige, u kojima se nalaze i teoretski pronalasci. Upoznavanjem literature utire se put za teoretski studij.

Praktična tehnika ne traži od konstruktera samo oblike, koji odgovaraju teoretskom proračunu i zahtjevima mehanike i čvrstoće, nego traži konstrukcije, koje uz istu kakvoću prouzrokuju minimum fabrikacionih troškova, da se energija ne bi u tvornici bespotrebno trošila, i da cijena stroja bude najniža.

Vještina se sastoji u tome, da se pravilno i jeftino konstruira. Kupnja stroja ne smije da previsoko optereti investicione troškove nabavljača, inače kod neke granice gubi svoju vrijednost kao nacionalno ekonomsko dobro. Ovaj se rezultat postizava samo na taj način, da se već kod konstruiranja misli na pravi način obrađivanja. Već se kod konstruiranja mora biti svjestan toga, na koji se način bolje obrađuju raznolike plohe na stroju za blanjanje ili na stroju za tokarenje. Mora se misliti na to, da li je oblik, kojega smo stvorili na papiru podesan za pravilno lijevanje i da li je podesan za ekonomsku obradu, što se tiče potrošnje radne snage, vremena i fabrikacijonog troškovnog materijala.

Konstruktivni rad zbog toga sili na poznavanje tehnoloških pitanja. Slušač strojarskog odjeljenja u Zagrebu na tehničkom fakultetu imade mogućnost, da se u specijalnim predavanjima i pripadnim laboratorijima može dublje upoznati u svim pitanjima metalurgije i tehnologije.

Kod konstruktivnih vježba u zavodu za konstrukciju strojevnih dijelova imade slušač prvu mogućnost, da primjenjuje i vježba svoje tehnološko znanje. U tom pogledu bavi se slušač s jednom stranom tehničkog stvaranja, koje je kasnije za njega upravo najvažnije, radio on po svršetku studija kao konstruktivan ili radionički inženjer.

Konačno rad u konstruktivnim dvoranama nastoji, da u slušaču razvije konstruktivnu sposobnost u pronalaženju novih oblika i kombinacija, t. j. u stvaranju novih ideja.

Konstruktivne dvorane zbog toga nisu, kako se u neupućenim krugovima često misli, samo sobe, u kojim se slušač vježba u crtanju i precrtavanju, nego crtaonice su prostorije, u kojima mladi tehničar po prvi put dolazi u dodir sa praktičnom tehnikom i njezinim teoretskim i tehnološkim i konstruktivnim zahtjevima.

F. Stolica za prenosila i dizala. Ova stolica obuhvata upoznavanje svih vrsti prenosila, koja čine važne organe ekonomskog rada u svim radionicama, lukama i brodogradilištima. U vezi je s tim upoznavanjem, kao prije kod strojnih dijelova, konstruktivan rad u crtaonama. Svaki apsolvent našeg strojarskog odjeljenja mora izraditi nacrte za jedno dizalo sa svim pripadnim mehaničkim i statičkim proračunima.

Odgoja našeg tehničara u tom pogledu nema samo svoj cilj u bližoj, nego i u daljoj budućnosti.

S razvojem naše industrije, kao i naših luka i brodogradilišta, potreba na dizalima stalno će rasti i sigurno moraju u toku vremena nastati spe-

cijalna poduzeća za građenje ovih strojeva u vezi s već opstojećim poduzećima za željezne konstrukcije.

Kako je pogotovo i za naše luke i brodogradilišta, koja imadu tendencu za proširenjem, prenosilo najvažniji stroj, tražit će se u daljoj budućnosti brojni strojarski inženjeri sa znanjem o prenosilima.

U slučaju potrebe naša zemlja može imati na raspolaganju i domaće tvornice i domaći tehnički personal. Ovo nije samo važno za normalne gospodarske prilike, nego je još važnije za iznimno stanje, u kojem bi nam se mogla jedna ili druga granica zatvoriti.

Crtanje strojeva, Elemente strojeva te Prenosila i dizala predavao je u početku prof. ing. L. Sorta, zatim prof. ing. Milošević, a kad se on zahvalio na službi predavao je Crtanje strojeva i Elemente strojeva I. asist. ing. Sušenkov, a Elemente strojeva II. te Prenosila i dizala ponovno prof. Sorta, a od šk. g. 1927./28. sve te predmete predaje red. prof. ing. Boncelj.

Stolica i zavod za mehaničku tehnologiju i radne strojeve.

Ovaj je zavod osnovan inicijativom tadanjeg profesora ing. Nikole Nikolajevića Savina god. 1922. Zavod se nalazi u zgradi hemijskog laboratorija na Marulićevom trgu, i to kabineti u I. katu, a radionice u nezgodnim vlažnim, loše rasvijetljenim podrumskim prostorijama, i nema nade, da bi u dogledno vrijeme mogao biti smješten u prikladnije prostorije.

Temelj zavodu i radionicama udaren je velikodušnim darom Škodinih zavoda u Plznju[1], raznim manjim darovima stranih fabrika, te zagrebačke gradske munjare.

Znatan dio aparata, modela i t. d. izradilo je u samom zavodu vlastito osoblje.

Iz državnoga budžeta dobio je zavod od svog osnutka do danas ukupno 450.000 Din.

Program za uređenje zavoda sastavljen je bio s namjerom, da se u prvom redu nabave tipični universalni strojevi, ne velikih dimenzija, ali dobrih fabrikata, najpotrebnijeg alata i instrumenata za mjerenje u tolikoj mjeri, da bude đacima osigurana mogućnost rada. Svrha pak toga rada ima biti poglavito ta, da se đak upozna s praktičnim metodama obradbe metala, drva i drugog materijala, u koliko će mu to biti potrebno za racionalno izvađanje konstrukcija, da se upozna sa svim manipulacijama, na radnim strojevima, te da kasnije može, ne samo kontrolirati rad na strojevima, već i konstrukciju i valjanost strojeva, da se upozna sa svim metodama preciznog mjerenja, sa svim načinima tehnološkog ispitivanja materijala, a konačno da dobije pobude za samostalna istraživanja. U drugi dio programa zavoda spada nabava aparata za naučna istraživanja, dok u treći dio dolaze tipični strojevi za specijalnu produkciju u vezi s izgradnjom posebne zgrade za zavod.

Odabiranje strojeva i ostalog uređaja za prvi dio programa bio je vrlo oteščan time, što su bila na raspolaganje vrlo skromna sredstva. I neredovitost dotacija[2] smetala je osjetljivo, jer se nikada nije unaprijed mogao ustanoviti detaljni program za nabavke.

---

[1] 2 vagona puna radnih mašina, alata i drugog materijala.

[2] Tako na pr. u periodu 1923.—1927. zavod uopće nije ništa dobio.

Zavod se sastoji iz radionice za hladno obrađivanje metala, kovačnice, radionice za obrađivanje drva, ljevaonice i dvije zbirke. Najveću prostoriju zaprema radionica za hladno obrađivanje metala (15 × 11.5 m). U toj je radionici smješteno 17 radnih strojeva i to: 3 tokarska stroja (2 za đačke radove i 1 moderniji sa Nortonovom komorom i svim potrebnim uređajem), 4 svrdlarska stroja (1 je za radijalno svrdlanje), 1 odbojni strug, 1 poprečni strug (Shaping), 1 vertikalni i 1 univerzalni frezarski stroj (sa uređajem za frezanje zupčanika), 1 pila za metal, 1 stroj za brušenje radnih noževa, 1 stroj za brušenje grubog alata, 1 univerzalni brusaći stroj (za freze i drugo), 1 ekscentarska preša za prešanje lima, te 1 automat za pravljenje vijaka.

Svi ovi strojevi dobivaju pogon od 4 posebne transmisije sa 4 elektromotora ukupne snage 22 HP.

Glavni tipovi strojeva imadu dinamometre za određivanje pritiska strugotine na rezaći instrumenat, a i elektromotori su proviđeni aparatima za sva mjerenja.

U jednom je katu radionice za obrađivanje metode smješten aparat za električno svarivanje lima u točkama — za željezne limove do 5 mm debljine — te aparat za električno tupo svarivanje do 150 mm² presjeka.

Iz ove radionice dolazi se do manje uske prostorije 8 × 3 m, u kojoj je smještena kovačnica. Tu se nalazi: bat na pero od 30 kg težine te duvalo visokog pritiska (0,2 atm.) sa elektromotorom od 3 HP, 1 obični ventilator, 2 plinske peći za žarenje i kalenje, kovačko ognjište, uređaj za autogeno svarivanje, te razni ručni alat za kovanje. Peći imadu svoje uređaje za mjerenje pritiska i potroška plina i zraka.

Iza kovačnice smještena je radionica za obrađivanje drva (veličina 9,2 × 10,1 m). U njoj se nalazi 5 tipičnih stolarskih strojeva, koji dobivaju pogon od podzemne transmisije sa elektromotorom od 5 HP. Osim strojeva nalazi se tu i stolarska klupa te ručni stolarski i tesarski alat i drugo.

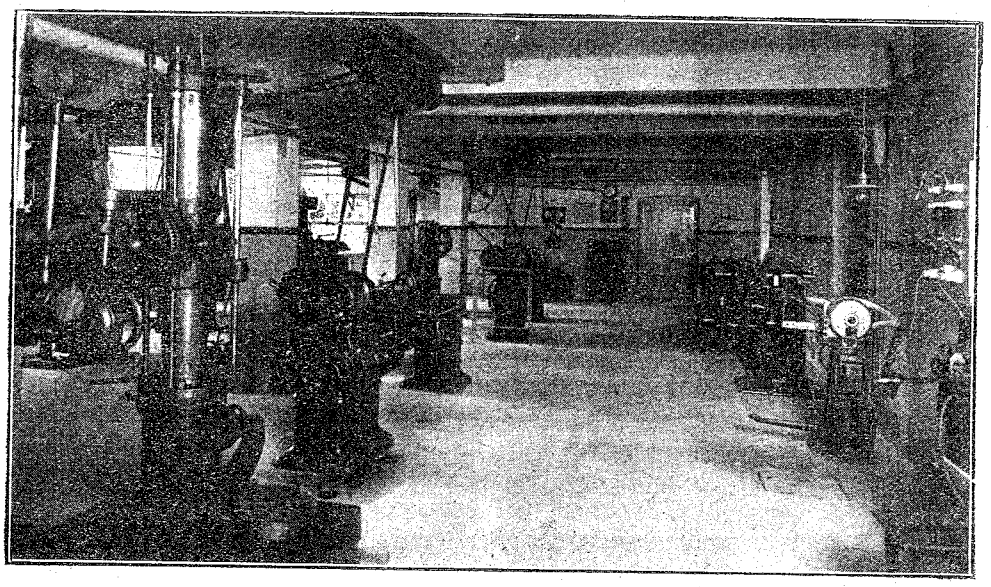
Posve odijeljeno od ovih radionica nalazi se mala ljevaonica u prostoriji od 3,7 × 5 m. sa tri plinske peći, i to jednom cijevnom za 30 kg uloška i dvije tigaljne peći. U radionici ima i sav pribor za kalupovanje, ventilator sa motorom od 1 HP, aparat za istraživanje stezanja metala, aparat za tehnološko ispitivanje pijeska za kalupe, skladište raznih modela i t. d.

Osim opisanih radionica zaprema zavod još 2 sobe u I. katu. U manjoj sobi (5,7 × 5,5 m) smještena je priručna biblioteka, zbirka vrsta drva, zbirka alata za obrađivanje drva i mala termička stanica za tehnološko ispitivanje sa 2 električne i 1 plinskom peći. Sve peći imadu pirometre. Tu se nalazi i jednostavan uređaj za ispitivanje hemijskog sastava čelika i ljevanog željeza, te uređaj za brušenje i poliranje metalnih proba za mikroskopska ispitivanja. U većoj sobi (5,7 × 9,8 m) smještena je zbirka alata za obrađivanje metala, nekoliko modela raznih strojeva, aparati za precizno mjerenje duljina (točnost 0,001 mm, tako da se može kontrolirati ispravnost šablona kalibara i sl.) nadalje aparati za ispitivanje točnosti ravnina, vijaka i dr. U istoj sobi nalazi se i zbirka aparata za jednostavna tehnološka ispitivanja i to: uređaji za mjerenje tvrdoće po metodama Brinell, Shore, Poldi, uređaja za dinamičko mjerenje tvrdoće i kod visokih temperatura, aparat za ispitivanje lima mikroskop za metalografska istraživanja i dr.

U jednom dijelu te sobe smješten je uređaj za finu mehaniku s malim tokarskim strojem. U prednjem pak dijelu te sobe nalazi se ploča te nekoliko stolova za seminarske i ine vježbe. Za ovaj je dio nabavljen i mali kino-aparat za prikazivanje industrijskih filmova.

Iz ovog se kratkog prikaza vidi, da možemo ovaj zavod smatrati dovoljno izgrađenim jedino u pogledu universalnih strojeva za obrađivanje skidanjem strugotina, a posve nedostatno opremljenim u drugim smjerovima tehnike obrađivanja materijala, koji su ne manje važni. No apstrahirajući od toga nedostatke, postoji bojazan, da će i sadanji uređaji brzo zastarjeti s obzirom na čednu dotaciju zavoda i na sadanji nagli razvoj tehnike.

Spomenut ćemo u kratkim potezima koja je zadaća i cilj zavoda.



Zavod za mehaničku tehnologiju. Radionica za obradivanje metala.
Institut de technologie mécanique. Atelier pour le travail des métaux.

Razumljivo je, da je glavna svrha rada didaktična. Kroz radionice i kabinete zavoda prolazi godišnje oko 100 đaka, koji tu vrše praktične vježbe iz slijedećih predmeta: Mehanička tehnologija III. i IV. dio, Radni strojevi I. i II. dio, Laboratorij Radnih strojeva i Mehanička tehnologija za hemičare. Ove se praktične vježbe mogu svrstati u tri grupe. U prvu grupu spada upoznavanje studenata s temeljnim načinima rada kod lijevanja, kovanja i kalenja, obrađivanje na strojevima te zgotavljanje prostog alata. Te su vježbe u vezi sa predmetima: Mehanička tehnologija III. i IV. te Mehanička tehnologija za hemičare. Svrha tih vježbi je tek u drugom redu manuelno izvršavanje radova, ali najveća se važnost polaže na to, da student nauči racijonalno odabrati sve uvjete za postavljeni zadatak i da znade promišljeno provoditi rad. Ovamo spada na pr. izbor pripadnog stroja, određivanje forme i materijala rezaćeg stroja — instrumenta, izbor dimenzija strugotine, ekonomične brzine rezanja, izbor temperature za kalenje, način grijanja i t. d. Ove vježbe služe đacima kao i uvod i na-

dopuna propisane prakse u fabrikama, koja se od njih prije završnog ispita traži.

U drugu grupu vježba spada upoznavanje studenata s metodama tehnoloških mjerenja i ispitivanja svojstva materijala, kao na pr.: određivanje stezanja kod lijevanja, ispitivanje pijeska za kalup, svojstva i sastav čelika i t. d. Ovamo spada također ispitivanje statičke i dinamičke točnosti strojeva, određivanje koeficijenta korisnog djelovanja stroja, ispitivanje racijonalnosti konstrukcije stroja (sastav pasoša ili radne karte stroja) te ispitivanje alata. Sve su ove vježbe u vezi sa predmetom o Radnim strojevima.

Lako je moguće da naši mladi inženjeri ne će u praksi naći analogne naprave i aparate, za slična ispitivanja, no tim je potrebnije, da se on s tim naučnim metodama upozna. Naša domaća industrija, u glavnom zbog nedostatka modernih metoda, ne može da konkurira stranim fabrikama, koje su obično dobro opskrbljene svim naučno-tehničkim sredstvima. Pouzdano se nadamo, da će naš mladi tehnički naraštaj promjeniti i reformirati današnje nezgodno i zastarjelo stanje u našoj industriji.

Od velike je važnosti treća grupa vježba, koja nastoji da upozna studente sa proračunom rentabilnosti i ekonomičnosti. U tu su svrhu u vezi s predmetom »Radni strojevi« uvedene slijedeće vježbe:

Predkalkulacija radnog vremena i određivanje cijene nekog jednostavnijeg izdjelka na temelju podataka provjerenih u radionici zavoda. Drugi je zadatak projektovanje kakove naprave za ubrzanje određene operacije obrađivanja, i to uz proračun rentabilnosti, t. j. određivanje minimalnog broja komada, koji bi se imao u takvoj napravi izvesti, da se zgotavljanje te naprave isplati. Treći je zadatak projekt nekog prostog proizvoda ili uređaja uz potpuni opis, te detaljni proračun cijene gotovog fabrikata. Umjesto ovog zadatka može student da predloži referat i detaljni opis, koje interesantne proizvodnje ili referat o metodama produkcije neke grane industrije.

Uopće se posvećuje mnogo pažnje pitanju ekonomije i budi osjećaj za odgovornost kod baratanja s narodnim imetkom.

Svaki referat studenata popraćen je obligatnim predavanjem i diskusijom. Podlogom za referate služe zbirke i priručna biblioteka zavoda, teme se izabiru iz svih zanimljivih i korisnih područja tehnike. Prošle su godine primjerice bili čitani slijedeći referati:

Peći za temperovanje, Električne peći za lijevanje čelika i njihov pogon, Indukcione električne peći visoke frekvencije; Lijevanje aluminijevih slitina; Lijevanje kompliciranih čeličnih odljeva; Pogreške kod odljevaka iz lijevanog željeza; Racionalno konstruiranje odljevaka; Perlitni lijev; Kalkulacija cijene odljeva; Materijali za zgotavljanje kompliciranih jezgra.

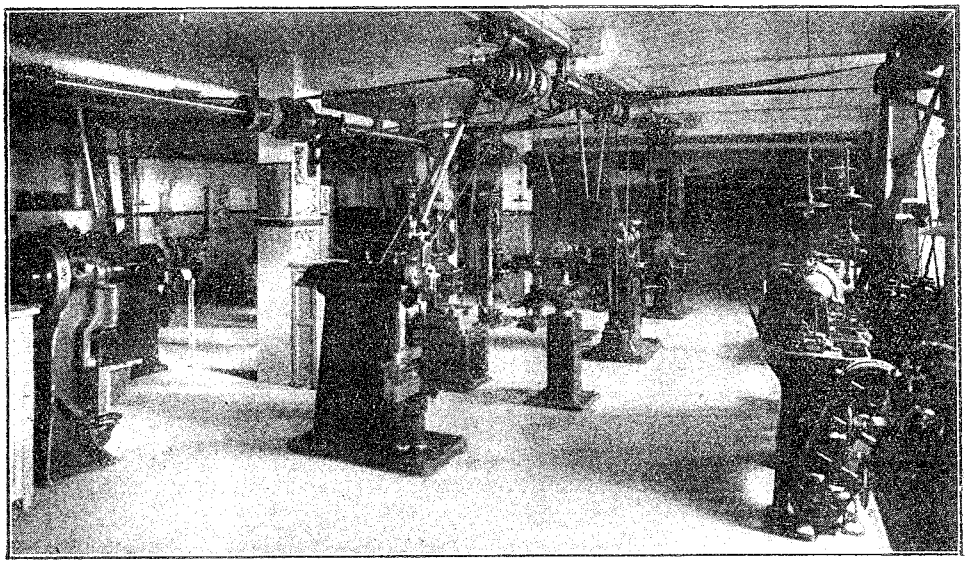
Sastavljanje takovih referata dovodi do poučne izmjene misli između đaka i nastavnika.

Ovakav je rad u zavodu potrebit, da se stvori kader ozbiljnih i samostalnih tehničkih radenika. Veliki zadaci čekaju našu mladu industriju, koja se bez sumnje mora razviti, a za rješavanje tih zadataka treba potpunih ljudi. No uza svu važnost konstruktivnog dijela tehnike treba imati na umu, da se danas u svim granama tehnike uslijed sve većeg uvađanja normalizacije i tipizacije sve više umanjuje potreba na

konstrukterima, a paralelno sve više raste potreba na pogonskim (radioničkim) administrativnim i komercijalnim inženjerima.

Bilo bi opasno za zavod kad bi on ograničio svoju djelatnost samo na didaktične svrhe. Iskustvo pokazuje, da su najveće uspjehe imali oni zavodi, koji su se bavili i naučnim radom.

Pravilno postavljanje i racionalno rješavanje naučnih i praktičnih problema uvjetovano je izvjesnom vezom među naučnim institutima i industrijom, pa stoga i naš zavod želi da poveže što uže odnose s industrijom. Zavod je u mogućnosti da pomogne domaćoj industriji pokusima, tehnološkim ispitivanjima i savjetima u koliko mu to njegova skromna sredstva dozvoljavaju.



Zavod za mehaničku tehnologiju. Radionica za obradivanje metala.
Institut de technologie mécanique. Atelier pour le travail des métaux.

S druge bi strane industrija mogla da pomogne zavodu postavljanjem zanimivih pitanja i saopćenjem svojih iskustava u tehničkom i ekonomskom pogledu.

Kao početak ovome radu može se smatrati radosna činjenica, da veze između zavoda i lijepim brojem svojih đaka nisu prestale dovršenjem njihovih studija, već da te veze i nadalje postoje. S jedne strane mladi inženjer često traži savjet i pomoć kod rješavanja raznih problema, a s druge strane opet zavod upoznaje potrebe prakse i prema tome udešava svoj program rada.

Daljna zadaća, koju je zavod sebi postavio, jest izdavanje popularnih knjiga iz područja obrađivanja metala, drva i dr. Velike smetnje kod toga rada dolaze od tuda, što je domaća industrija slabo razvita, a onda zbog nestabilnosti naše tehničke terminologije. Pa ipak je tim radom započeto, te su dosada izašle dvije knjige prof. ing. A. Šahnazarova, i to: »Tokarski noževi« i »Brušenje«, a u pripremi je knjiga »O radu na tokarskom stroju«.

Poslednjoj ne manje važnoj zadaći zavoda, to jest rješavanju novih naučnih problema tehnologije, moglo se je tek u čednoj mjeri pristupiti.

U prvom redu radi nedostataka sredstva za nabavu potrebnih, često vrlo skupih uređaja, i skupih pokusa, a osim toga i radi nedostatka stručnog osoblja.

Slijedeći kratki pregled neka pokaže, što se dosada moglo učiniti, odnosno koje su radnje uz pomoć zavoda izrađene. To su:

Izbor forme stebitnih noževa. Utjecaj trajanja vremena zakaljivanja na kvalitet noževa iz brzorezaćeg čelika. Utjecaj okolnosti zakaljivanja brzorezajućeg čelika na njegovu tvrdoću kod visokih temperatura (za ovaj je pokus bio sagrađen poseban uređaj za ispitivanje tvrdoće kod visokih temperatura). Ekonomični tipovi malih noževa. Isporedivanje načina kod svarivanja noževa. Nova forma poprečne oštrice spiralnog svrdla. Proučavanje vibrirajućih sila kod skidanja strugotine (bio je sagrađen poseban dinamometar). Proučavanje uzroka i mogućnosti vibracije strojeva. Proučavanje brusaćih diskova sa stanovišta poroznosti i mogućnosti dinamičkog opterećenja pojedinih zrnaca brusa. Većina je ovih radova štampana u stručnim časopisima.

Prvi predstojnik zavoda bio je prof. S a v i n, koji je predavao Mehaničku tehnologiju I.—IV., Radne strojeve i Vježbe u laboratoriju za radne strojeve. Njegov je nasljednik prof. ing. S t i p e t i ć, koji je predavao Mehaničku tehnologiju prije i poslije prof. S a v i n a, dok je Radne strojeve i Vježbe u laboratoriju predavao ing. Š a h n a z a r o v.

Stolica za hidrauliku i hidrauličke strojeve.

Ova stolica imade veliko značenje, pošto hidraulika — nauka o ravnotežju i gibanju tekućina (u glavnom vode) — služi kao temelj za cjelokupnu hidrotehniku, napose za: vodovod, kanalizaciju, melioraciju, regulaciju rijeka, iskorišćenje vodenih snaga i t. d.

Teorija i konstrukcija vodenih motora (turbina), koja se na ovoj stolici predaje, od posebnog je značenja za iskorištavanje vodenih snaga, kojima obiluje naša država.

Osim toga predaje se teorija i konstrukcija različitih vrsta sisaljki (stapnih, centrifugalnih, kolovratnih i dr.), što je za upotpunjenje znanja svakog inženjera potrebno tim prije, što je sisaljka jedan od najraširenijih strojeva.

Naučni rad stolice obuhvaća rješavanje svih pitanja hidraulike i hidrauličkih strojeva.

Tokom svog djelovanja na profesorskoj stolici hidraulike i hidrauličkih strojeva, prof. D. R u z s k i j, publikovao je ove radove:

Određenja usporne krivulje uslijed mosta kod širokog poplavnog područja, Teorija turbina s radijalnim statorom i aksijalnim kolom, Zadaća o stezanju struje.

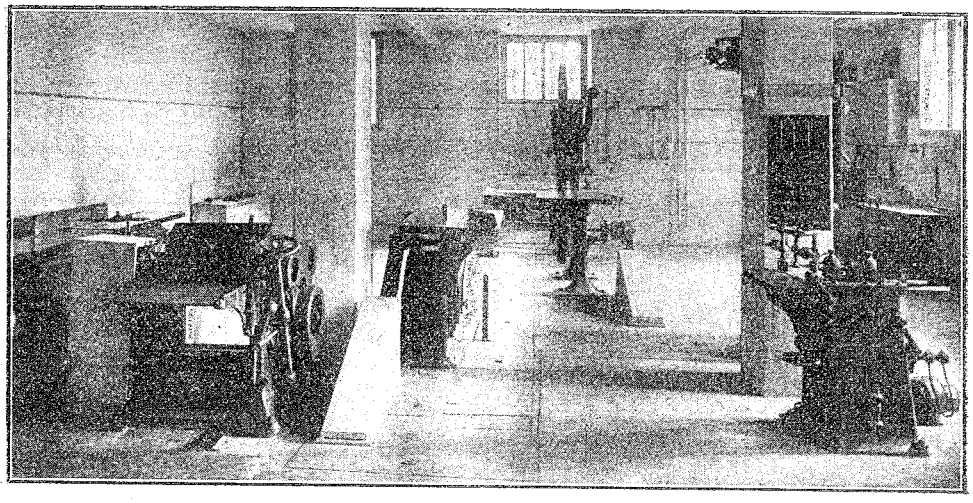
Osim toga je pod rukovođenjem prof. D. R u s z k o g a napisao, slušač tehnike Š k r e b radnju: »Uzgon aeroplana«, koja je odlikovana od Nj. V. Kralja svetosavskom nagradom.

Ovoj stolici neophodno je potreban hidraulički laboratorij. Važni radovi iz hidraulike bezuvjetno se moraju ispitati eksperimentalnim putem u laboratoriju, jer se samo na taj način može dobiti sigurnost za tačnost teoretskih istraživanja.

Stolica za tehničku termodinamiku i toplinske strojeve.

Svrha je stolice za tehničku termodinamiku, da pokaže njenu primjenu kod projektiranja i konstrukcije toplinskih strojeva (parnih strojeva, parnih turbina, eksplozionih motora, kompresora i rashladnih strojeva), koliko s obzirom na termičke i konstruktivne osebine dotičnih strojeva, toliko i s obzirom na ekonomsko iskorišćavanje raznih vrsti goriva kod raznih odnošaja pogona ovih strojeva.

Tehnička termodinamika obuhvata najprije općeniti, t. j. fizikalni dio, koji tvori bazu tehničkom dijelu. Općeniti dio ima svrhu da upozna slušače s temeljnim zakonima nauke o toplini. Već se u ovom dijelu uspoređuju procesi, koji se zbivaju u parnim uređajima i rashladnim strojevima s idealnim termičkim procesima. Osim toga se počinje



Zavod za mehaničku tehnologiju. Radionica za obrađivanje drva.
Institut de technologie mécanique. Atelier pour le travail du bois.

ovdje razvijati pojam entropije, koja ima tako važno značenje kod rješenja tehničkih problema specijalno kod toplinskih strojeva. Kako kasnije izlazi iz teorije pojedinih toplinskih strojeva, može se za entropiju uzeti slijedeća definicija opravdana sa strojarskog gledišta: entropija je mjerilo za prosuđivanje mehaničke vrijednosti topline, koja stoji na raspolaganje u određenom niveau-u temperature.

Drugi dio tehničke termodinamike obuhvata nauku o plinovima i parama te se obrađuje potpuno u tehničkom duhu, tako da daje jasnu sliku svih procesa, koji se vrše u toplinskim strojevima. Prijašnji općeni zakoni imaju svoju praktičnu primjenu u nauci o plinovima i parama.

U nauci o plinovima dolaze do posebnog obrađivanja razni procesi izgaranja kao dio kružnih procesa, koji se zbivaju u toplinskim strojevima osbito eksplozionim motorima. Kod ovih termičkih procesa dolaze do djelovanja smjese plinova i pare kao prenositelji energije.

Osobito kod promatranja i određivanja takovih procesa prikazano je, koju vrijednost imaju dijagrami entropije za određivanje momentanog stanja prenositelja energije, t. j. plinske smjese dotično plina, koje je stanje opet važno za dimenzioniranje dotičnog stroja.

Praktična je primjena dobivenih zakona pokazana na mnogim primjerima, koji su uzeti iz prakse kao procesi u motorima sistema »Diesel« u motorima na gorive plinove i u eksplozionim turbinama na ulje, dotično na gorive plinove. Kod ovih je primjera uzeta osobito u obzir praktična primjena dijagrama entropije za plinove i plinske smjese i pokazan način rada s ovim dijagramima u strojarskoj praksi.

U nauci o parama razjašnjene su osebine zasićene (mokre) i pregrijane vodene pare, kao i zakoni po kojima se ove pare vladaju. Osim zakona, koji vrijede aproksimativno u području normalnih, još i danas upotrebljavanih pritiska i temperatura, uzimlju se tačniji zakoni, koji se osnivaju na rezultatima zadnjih istraživanja i koji imaju specijalno značenje u području visokih pritiska i temperatura vodene pare.

Na temelju ovih zakona ispituju se svi važni termički procesi, koji dolaze u obzir kod parnih strojeva, parnih turbina i rashladnih strojeva pomoću para kao prenositelja energije.

Zasebno značenje dobivaju u ovome dijelu dijagrami entropije vodene pare, koji se upotrebljavaju za rješenje raznih problema i pitanja na ovom području toplinskih strojeva.

Pomoću mnogih primjera uzetih iz prakse kod parnih strojeva, parnih turbina kao i rashladnih strojeva, objašnjena je upotreba dobivenih zakona.

Konačno u ovaj dio tehničke termodinamike spadaju procesi miješanja mokrih i pregrijanih vodenih para, koji opet dolaze praktički do uporabe kod udruženih parnih strojeva, kod parnih turbina na svježu i odušnu paru te kod rashladnih strojeva.

Kod eksplozionih se motora posvećuje velika pažnja samim gorivima osobito kapljevitim, koja dolaze do uporabe kao motorna ulja osobito kod motora sistema »Diesel«. Kod motornih je ulja važno, kako se mora vršiti proces raspršivanja i upuhavanja gorivih ulja raznih kvaliteta, da bude izgaranje u cilindru motora čim potpunije i time i ekonomičnost pogona čim bolja.

U istoj se disciplini uspoređuju termičke osebine raznih procesa međusobom, te procesa kod motora sistema »Diesel« bez kompresora najnovijih izvedba, s uštrcavanjem motornog ulja pomoću viskih hidrauličkih tlakova. Pri tome su uzeti u obzir razni načini izvađanja procesa raspršivanja i upuhavanja dotično uštrcavanja motornog ulja sa uzduhom i bez uzduha i njihova uporedba međusobno što se tiče savršenosti i svladavanja samog procesa, koji ima veliki utjecaj na potpunost izgaranja, na oblik indikatorskog dijagrama i na ekonomičnost pogona. Kod pogona s katranskim uljem, koje se teže upaljuje i izgara, navodi se više načina uzetih iz prakse, pomoću kojih se može takovo ulje s uspjehom upotrebiti.

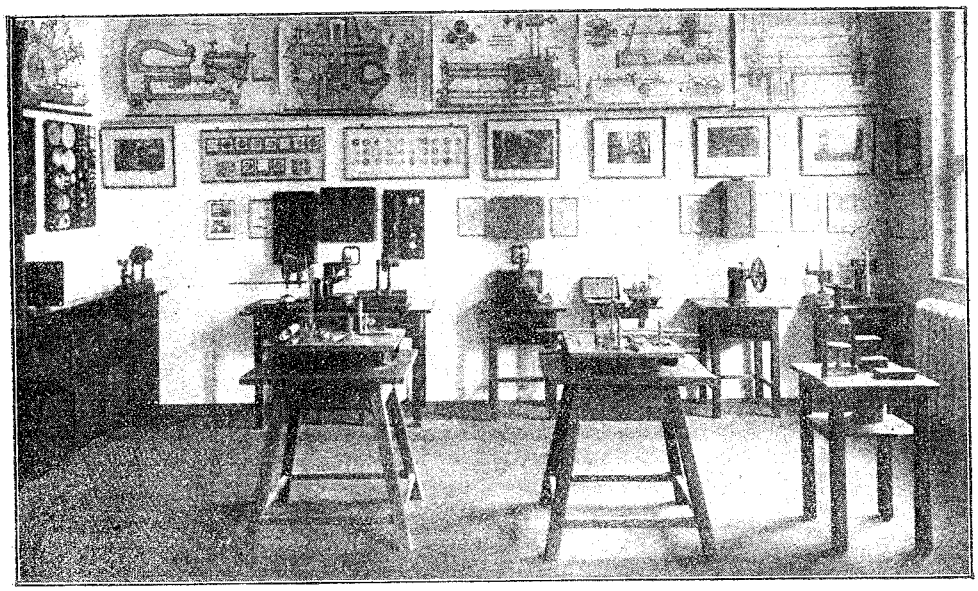
Savršenost i svladavanje procesa raspršivanja i upuhavanja motornog ulja ovisi znatno o konstruktivnoj izvedbi naprava, koje služe za tu svrhu. To su u prvom redu ventili, sapnice i pumpe za motorno ulje. U tom pogledu izvađaju se specijalne konstrukcije ovih naprava, uzete iz najnovije prakse, koje danas grade poznata industrijska poduzeća. Osobita je pažnja posvećena novim konstrukcijama ovih naprava za uštrcavanje goriva pod visokim hidrauličkim pritiskom, koje se više u praksi upotrebljavaju kod novijih motora sistema »Diesel« bez kompresora.

Kod pumpa za gorivo, koje pripadaju ovim napravama, dolazi u obzir odgovarajuća regulacija dobave ulja, kod različitih opterećenja

stroja. Ova je regulacija raznih sistema već prema tome, da li se motorno ulje upuhava pomoću zraka u cilindar ili uštrcava pomoću visokog pritiska.

Što se tiče drugih dijelova ovih strojeva izvađaju se konstrukcije stapova, cilindara, glava cilindra, razvodnih ventila, razvodnih poluža s regulacionim mehanizmom, stalaka i t. d.

Posebno područje rada posvećuje se strojevima visokih specifičnih snaga s naknadnim nabijanjem cilindra (Aufladeverfahren). Kod motora sistema »Diesel« normalnih konstrukcija postavljena je razmjerno uska granica mogućnosti preopterećenja. Ova je granica određena s količinom zraka, koja stoji na raspolaganje za proces izgaranja u cilindru motora. Kod punog opterećenja rade općenito ovi motori s pretičkom zraka, koji



Zavod za mehaničku tehnologiju. Zbirka i aparati za mjerenja.
Institut de technologie mécanique. Collection et appareils de mesure.

se znatno približava najmanjoj praktički potrebnoj vrijednosti za potpuno izgaranje, tako da nema više mogućnosti većeg preopterećenja. U normalnom radnom procesu preostaje prema tome jedina mogućnost povećanja radne snage, koja se sastoji u tome, da se povisi punjenje cilindra povećanjem nabijene težine zraka u cilindru. Veća težina zraka u cilindru postigne se kod 2-taktnih motora savršenim ispiranjem, kod 4-taktnih dodatečnim ispiranjem, koje omogućuje potpuno ispražnjenje cilindra od izgorjelih, u cilindru zaostalih plinova prijašnjeg procesa. Osim toga se cilindar nabija zrakom veće napetosti, čime se povisuje početni tlak kompresije u cilindru i time težina nabijanja. Ova veća težina zraka u cilindru dozvoljava uštrcavanje veće količine goriva u jednom radnom stapaju, čime se opet povisuje srednji indicirani tlak.

Na taj se način nastoji postići visoka specifična snaga, t. j. bolje iskorišćenje stapajnog volumena cilindra.

Ovi se sistemi strojeva nalaze u stanju razvijanja i kako izgleda pripada ovdje budućnost turbini na ispušne plinove, koja bi imala da služi

kao pogonski stroj za turbo-puhalo, kojemu je svrha ispiranje i nabijanje cilindra motora.

Kod ovih strojeva uštedi se znatno na težini stroja, jer se s istim stapajnim volumenom cilindra dobiva znatno veća snaga, što ima opet osobito značenje kod motora za vozila.

Kod parnih strojeva posvećena je osobita pažnja konstrukciji položenih strojeva s ventilnim prisilnim razvodima i konstrukciji uspravnih brzih strojeva sa kliznim razvodima i osnim regulatorima.

Težište konstruktivnog rada kod ovih strojeva leži u određivanju razvoda i regulacije, te u konstrukciji parnih cilindara. I ovdje se uzimlju u prvom redu u obzir poznati sistemi razvoda s promjenljivim ekscentricitetima i prethodnim kutevima ekscentara, koji sistemi omogućuju veći broj okretaja.

Posebna metoda uvedena je kod određivanja razdiobe pare u parnom cilindru pomoću razvodnih dijagrama. Ta metoda i postupak isključuje svaku pogrješku u uklinjenju ekscentara na osovini stroja i u kompliciranim slučajevima i omogućuje da se riješi svaki problem ove vrste i bez prakse u specijalnim tvornicama.

Konstrukcije poznatih sistema osnih regulatora, koji služe za premještenje razvoda u svrhu regulacije punjenja upotpunjuju detaljno poznavanje ovih vrsta strojeva.

U teoriji i konstrukciji parnih strojeva uzeti su također u obzir udruženi strojevi s oduzimanjem receiverske pare i novi sistemi strojeva na paru visoke napetosti i temperature.

Kod strojeva s oduzimanjem receiverske pare pokazano je na temelju primjera, kako se može povisiti ekonomičnost u pogonu takovih industrijskih poduzeća, koje osim potrebne energije trebaju za pogon paru veće ili manje napetosti. Iz toga izlazi, da je ekonomičnije uzimati onu paru za industrijske svrhe, koja je prije toga jedan dio svoje energije predala u stroju kao radnju, nego li da se ova para posebno proizvađa u kotlu niskoga tlaka.

Povećanje ekonomičnosti parnih strojeva kod uporabe pare visokoga tlaka i temperature, slijedi iz promatranja termičkih procesa ovih strojeva.

Parne turbine uvedene su kao posebna disciplina uslijed velikog napretka ove vrsti strojeva.

U teoriji parnih turbina čine temelj procesi prigušivanja i strujanja. Nepovratnost ovih procesa zahtjeva upotrebu dijagrama entropije u svrhu rješenja ovih specijalnih problema, bez kojih dijagrama bi bilo upravo nemoguće provesti potreban proračun glavnih dimenzija.

Posebna je pažnja posvećena također novim sistemima turbina s oduzimanjem posredne pare (Anzapfturbinen), turbinama na protupritisak i turbinama na svježu i odušnu paru (Zweidruckturbinen). Ovi sistemi turbina imaju danas posebno značenje u industriji i utječu znatno na poboljšanje ekonomije topline kod mnogih industrijskih poduzeća i čitavih industrijskih centara.

Kod konstrukcije parnih turbina posvećuje se velika pažnja izvedbi lopatica statora i rotora, njezinom pričvršćenju osobito kod većih obodnih brzina, konstrukciji koluta rotora, osovina, obočja, labirintskih i drugih sistema brtvenica, ležaja i t. d.

Kompresori su postigli veliko značenje u mnogim granama današnje tehnike gdje dolaze do uporabe kao stapni i turbostrojevi.

U teoretskom je dijelu ove discipline prikazana razlika u procesu, koji se zbiva u cilindru stapnog kompresora i u okretnom kolu i difuzoru dotično povodnom kolu turbokompresora, dalje ekonomska vrijednost višestepenih kompresora osobito kod viših konačnih pritisaka. Kod stapnih je kompresora i turbokompresora prikazana vrijednost hlađenja s obzirom na potrebu energije i ekonomičnost pogona. Kod turbokompresora izbjeglo se je skupoj konstrukciji obočja, uvjetovanoj hlađenjem svakog pojedinog stepena time, da se je prešlo na posebne hladionike, koji se obično uvrste iza svakog trećeg stepena. U ovim se hladionicima hladi komprimirani plin približno na početnu temperaturu, pri čemu je potreba energije za pogon stroja samo neznatno veća, nego li kod hlađenja svakog pojedinog stepena. Osim jeftinije izvedbe postoji kod posebnih hladionika mogućnost čišćenja za vrijeme pogona.

U tehnici se područje uporabe kompresora, osobito turbokompresora neprestano proširuje i počinju se turbokompresori uvađati i kod rashladnih strojeva većih jakosti. Poboljšanje konstrukcije i iskoristivosti turbokompresora znatno će olakšati rješenje problema eksplozione turbine na ulje dotično na gorive plinove.

Kod konstruktivnih vježba poglavito se njeguje konstrukcija ventila, koji kao automatski ventili iziskuju za precizno djelovanje veliko iskustvo osobito kod većih brojeva okretaja.

R a s h l a d n i s t r o j e v i raznih sistema zahtjevaju dobru teoretsku podlogu za potpuno razumijevanje pojedinih procesa, koji se zbivaju u rashladnim uređajima. Kod određivanja pojedinih važnih veličina rashladnog procesa je osobito zahvalno upotrebljavati dijagram entropije. Veliki broj raznih procesa, koji se danas upotrebljavaju kod rashladnih strojeva pomoću kompresije, daju se najbolje objasniti proračunavanjem mnogih primjera. Posebna je pažnja posvećena rashladnim strojevima pomoću apsorpcije, strojevima sa vodenom parom i hlađenju na veće udaljenosti.

Kod strojeva sa vod. parom kao prenositelja hladnoće poboljšan je za slučaj suhe kompresije proračun difuzora, koji imade osim vodene pare da komprimira i uzduh, koji uvijek ulazi u unutarnjost uređaja zbog visokog vakuuma, koji vlada u refrigatoru. Dosada se mogao difuzor odrediti na taj način, da se uzela posebno kompresija vodene pare, a posebno kompresija zraka, pri čemu se javljaju znatno različite konačne temperature kompresije kod vodene pare i zraka, koje ne mogu postojati, jer su oba dijela savršeno pomiješana.

U svrhu zajedničkog promatranja procesa kompresije konstruiran je dijagram entropije za smjesu vodene pare i zraka, koji omogućuje određivanje presjeka difuzora bez dijeljenja pojedinih sastojina ove smjese. Isti se dijagram dade upotrebiti za proračun difuzora kod kondenzacionih naprava, koje služe za upijanje zraka i kondenzatora parnih strojeva i parnih turbina i u kojim napravama dolazi vodena para kao radni medium.

Dalnja je svrha stolice, kojoj je predstojnik red. prof. M i l e r ing. J o s. naučni rad na istom polju. U tom je pogledu prof. M i l e r poglavito radio na objašnjenju posebnih procesa izgaranja i termičkih procesa u strojevima u kojima dolaze do djelovanja smjese plinova i para kao prenositelji energije, na uređajima za ispitivanje naprava za proizvađanje plinskih smjesa visoke temperature i napetosti, na određivanju gubitaka topline i rada u raznim pogonskim napravama u svrhu grijanja, na povećanju dobivene energije strojeva na ulje pomoću hlađenja izlaznih pli-

nova, na ispitivanju plinskih turbina i njihovih sapnica raznih sistema. Na pojednostavljenju postupka za ispravno uklinjenje ekscentara kod razvoda parnih strojeva, na pojednostavljenju proračunavanja naprava sistema ejektora, koje služe u svrhu kompresije smjesa zraka i vodene pare.

Ova stolica, koja se bavi važnim i specijalnim disciplinama iz strojarstva treba poseban zavod, da se njime dosadašnji rad proširi u pedagoškom, praktičnom i naučnom smislu. Ovakav bi zavod imao također veliku vrijednost i za našu industriju i privredu, jer bi se iskustvo stečeno u njemu od slušača i budućih inženjera prenašalo automatski i to poglavito na našu industriju, koja bi se na taj način mogla postepeno emancipirati u mnogim granama strojarske struke od vanjskog tutorstva, te bi osim toga bila dana našoj industriji bolja mogućnost samostalnog usavršavanja i napretka u strojarskoj struci.

Konačno pomoću takovog instituta naši bi inženjeri dobili već djelomično za vrijeme studija onu rutinu i iskustvo, koje im može dati samo praktičan rad u inostranim specijalnim poduzećima. U takova poduzeća može da dođe samo relativno maleni broj absolvenata.

Iz toga se razloga nastoji, da se čim prije dođe do takovog instituta, koji bi bio sastavni dio ove stolice.

Laboratorij za strojarstvo.

Svrha je laboratorijskog rada, da posluži dubljem poznavanju osnovnih zakona, na kojima se stanoviti procesi zbivaju, te da razvije smisao i sposobnost za opažanja. Ispitivanjem dobivenih rezultata upoznavaju se granice, do kojih vrijede prirodni zakoni. Ispitivanja iznose metode mjerenja, koje su se dale primjeniti pokazuju njihovu praktičnu upotrebljivost i visinu tačnosti mjerenja. Ispitivanja daju jasnu sliku upliva promjene jedne od osnovnih veličina na odnošaj drugih; daju sliku općenitih sposobnosti stroja. Kod preuzimanja nekog stroja u praksi, određuje se ispitivanjem iskoristivost i ekonomija stroja, koja je pružena jamstvom. U laboratoriju provode se opširnija ispitivanja, koja uzimaju u obzir promjenu svih glavnih veličina.

Grafički prikazane dobivene i izračunate vrijednosti daju karakteristiku stroja i pružaju potpuni uvid u promjenu stanja kod promjene bilo koje od glavnih veličina. Pojmovi topline, brzine, ubrzanja, sile, specifičnog pritiska, momenta okretanja, momenta tromosti mase, utrošenog i iskorištenog rada i efekta postaju tim ispitivanjima jasni i prelaze u apsolutnu svojinu.

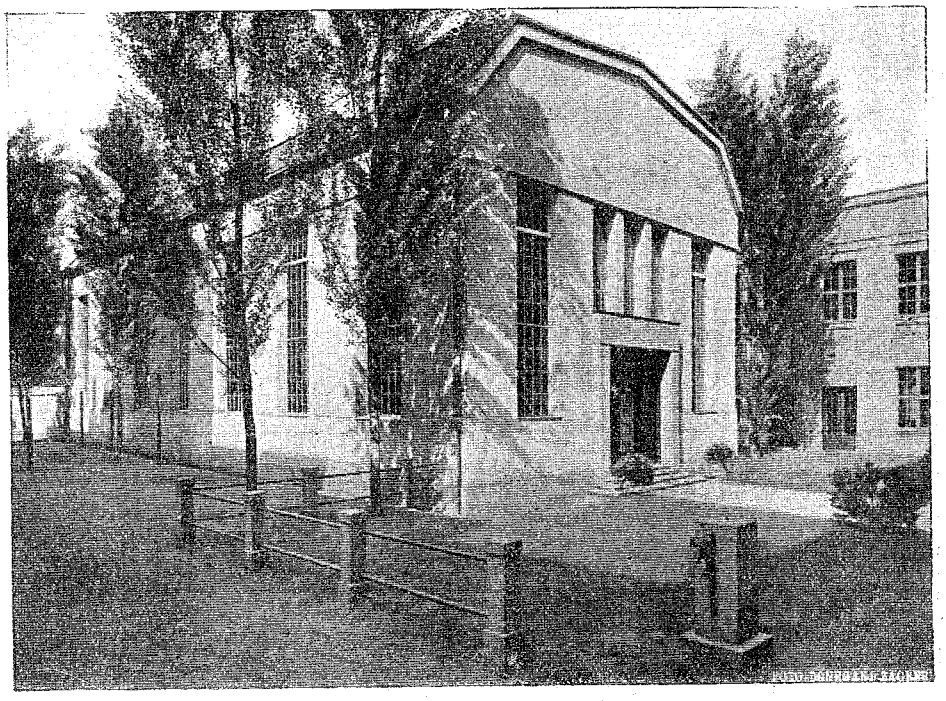
Osnovu mjerenja čine instrumenti. Poznavanje osnovnih zakona, na kojima se baziraju instrumenti, baždarenje i uporaba instrumenata čine glavne vježbe ispitivaonice. Ove imadu mnogu sličnost sa vježbama iz eksperimentalne fizike, a razlikuju se u toliko, što se naročita pažnja posvećuje primjeni instrumenata.

Vježbe se dijele u vježbe u ispitivaonici i vježbe u strojarnici; prve su temelj drugima.

I s p i t i v a o n i c a posjeduje zbirku instrumenata za mjerenje svih veličina i pojava, koje dolaze u obzir kod ispitivanja strojeva. Za preispitivanje (baždarenje) tih instrumenata postoje normalni ili precizni instrumenti, dotično zasebne naprave, koje dozvoljavaju preispitanje i baždarenje svih običnih instrumenata. To je ujedno druga glavna svrha ispiti-

vaonice. Radi raznolikosti pojava, radi veće ili manje preciznosti mjerenja i radi mogućnosti primjene, svaka grupa instrumenata broji po nekoliko različitih primjeraka.

Obični termometri, punjeni živom u vakuumu upotrebljuju se do 300°, a u dušiku ili ugljičnoj kiseljini za više temperature do 650°. Za baždarenje tih termometara služe normalni ili precizni termometri. Temperaturu izlaznih kotlovnih plinova mjere grafitni, metalni pirometri sa opsegom mjerenja do 800°C. Termoelektrični pirometri sa milivoltmetrima služe za mjerenje temperature ispušnih i izlaznih plinova. Termoelemenat srebro-konstantan upotrebljiv je za temperature niže od 600°C, nikalj-kromnikalj do 1000°C, a platina-platinarodij do 1500°C. Električni



Laboratorij za strojarstvo. Pogled spolja.
Laboratoire pour la construction des machines. Extérieur.

termometri otpora u vezi s galvanometrima za temparature do 200° do 600° služe za određivanje temperature stijena i prelaza topline.

Za približno mjerenje temperature izgaranja specijalno temperature izgaranja ugljena na roštilju kotla upotrebljuju se S e g e r o v i čunjci, dok se točnija mjerenja obavljaju optičkim pirometrima i pirometrima izbijanja (F e r y), kod kojih zrake izbijanja topline padaju na osjetljivi termoelemenat.

Za strojeve, koji rade s parom, plinom ili vodom upotrebljuju se manometri kao instrumenti za mjerenje pritiska ili napona.

Za određivanje dinamičkih pritisaka ili brzine strujanja zraka u kanalima i cijevima služe mikromanometri.

Manji pritisci u atmosferama određuju se cijevnim manometrima punjenim živom. Rashladni strojevi imadu metalne manometre, kod kojih

hrova vaga, reče hidrometar, koji isporeduje visine tekućine i vode kod istog vakuuma.

U pogledu volumena vode posjeduje ispitivaonica osim propelernih vodomjera vodomjere s krilnim kolutima, s dvostrukim stapovima u obliku pumpe i sa specijalno formiranim stapom, koji pri mjerenju izvodi talasasto gibanje. Baždare se metodom isticanja.

Manje volume plina i uzduha mjere plinske ure. Mokre ure trebaju vodu, u kojoj se kreće bubanj, a suhe ure kožne mjehure i razvodnike. Suha ura ispitivaonice izvedena je kano kontrolna ura, tako da se njome može baždariti svaka obična plinska ura.

Za mjerenje sile, momenta okretanja i radnje služe kočnice ili dinamometri. Laboratorij posjeduje nekoliko konstrukcija Pronyjevih kočnica. Poluautomatične kočnice Siemens-ove dadu se bolje upravljati i jednostavnije poslužiti od Prony-jevih. Pojasne kočnice upotrebljive su samo za manje radne snage.

Na elektrodinamičkom principu kočenja, dotično na metodi reakcije, osniva se dinamo-kočnica. Radna snaga motora dade se odrediti i po metodi akcije i reakcije. Za stvaranje potrebnog otpora služi dinamo-kočnica, hidraulična ili zračna kočnica.

Za ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava ulja, koja se upotrebljuju kano gorivo kod motora sa nutarnjim izgaranjem ili kano mazivo kod svih strojeva, snabdjevena je ispitivaonica raznim aparatima. Tehnička viskoznost, određena Engler-ovim aparatom isporeduje se s apsolutnom viskoznosti po Holde-u. Za laka ulja, koja imadu niže plamište od 80°C, služi Abelov aparat, a za ona iznad 80°C Pensky-Martens-ov aparat. Ledište se dobiva sniženjem temperature, a vrelište za strojne masti termometrom po Ubbelohde-u. Sadržaj vode, koji je i onako minimalan, određuje Erdmannov aparat ili aparat za kontinuiranu destilaciju. Sposobnost ishlapljivanja, važna specijalno za ulja, koja za raspršivanje trebaju karburatore, određuje se po težini za jedinicu vremena. Destilacija ulja po Engleru ili Kraemer-Spilcker-u određuje homogenost ulja dotično primjese drugih destilata ili rafinata. Primjese benzola, toluola, ksilola i kumola benzinu raspoznaju se i na papiru drakorubina.

Za ispitivanje tvrdoće vode u kotlovne svrhe upotrebljava se za približno određivanje metoda Clark-a ili točnija metoda titriranjem po Blacher-u.

Ekonomiji topline posvetila se je naročita pažnja. Nakon određenja neizgorivih sastavina u ugljenu t. j. pepela i hidroskopske vode, određuje se čisti koks i plinovite sastojine i time dobiva vrijednost čistoga ugljena. Uzima se u obzir i elementarna analiza ugljena t. j. određivanje bitnih sastojina ugljena, ugljika i vodika. Sumpor se određuje zasebno, a kano ostatak ostaje kisik i dušik. Uzima se u obzir metoda određivanja ukupne vode, da bi se odredila donja kalorična vrijednost, koja za praktične svrhe ima glavnu vrijednost.

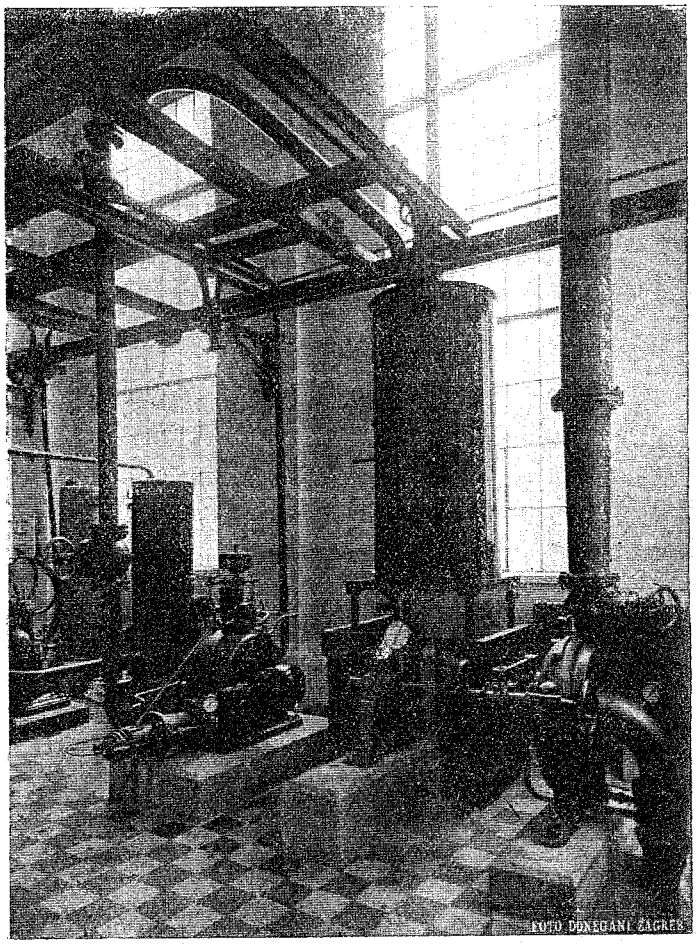
Za određivanje topline izgaranja i donje kalorične vrijednosti plinova, napose rasvjetnog i upojnog plina, upotrebljava se Junkers-ov kalorimetar, koji je postupak jednostavniji od postupka sa kalorimetričkom bombom. Za praktične svrhe dostatno točno određuje ogrijevnu vrijednost plina eksplozioni kalorimetar.

Upoznanju analize plinova pridaje se veća važnost, jer se slična metoda upotrebljava za određivanje sastava izlaznih i ispušnih plinova. Sa-

stavni dijelovi određuju se volumetrički metodom apsorpcije i izgaranjem Orsatovim aparatom.

Za određivanje temperature rosišta rabi se Daniell-ov higrometar. Apsolutnu vlagu određuje normalni aspiracioni higrometar po Assmann-u, a relativnu vlasni higrometar po Saussure-u.

Strojevi, kojima je za pogon potrebno dovađanje energije iz vana, tjerani su obično elektromotorima. Ispitivanje strojeva vezano je na promjenu broja okretaja.



Laboratorij za strojarstvo. Stanica za ispitivanje hidrauličkih strojeva.
Laboratoire pour la construction des machines. Station pour l'essai des machines hydrauliques.

Za mjerenje električne energije u gornje svrhe provideña je ispitionica votmetrima, ampermetrima, ohmmetrima i wattmetrima različitih sistema za istosmjernu i izmjeničnu struju. Baždarenje tih instrumenata vrši se ispoređivanjem s normalnim instrumentima elektrolaboratorija.

Ispitivanje strojeva vrši se u Strojarnici i Kotlovnici. Strojevi, koji rade po istom principu ili služe u iste svrhe, smješteni su zajedno U početku strojarnice nalaze se hidraulički strojevi. Ovi stoje u vezi s

osim u svrhe ispitivanja i radi upoznavanja rukovođenja automobila u praktičnoj vožnji.

Od avijonskih motora imade strojarnica dva motora s uspravnim cilindrima marke »Hiero« od 240 k. s. i marke »Daimler Mercedes« od 100 k. s., motor s koso položenim cilindrima u dva reda marke »Hispano Suiza« od 180 ks i motor u zvijezdi, hlađen vodom, tipa »Salmson« od 150 ks. Prva dva motora s uspravnim cilindrima mogu služiti u svrhe ispitivanja, ostali u konstruktivne svrhe. Avijonski motori provideni su dvostrukim karburatorom i dvostrukom napravom za upaljivanje plinske smjese. Stanica za ispitivanje avijonskih motora nalazi se u gradnji. Kod tih ispitivanja posvetiti će se naročita pažnja avijonskim propelerima, dok su inače ispitivanja tih motora slična ispitivanjima automobilskih motora.

Parno odjeljenje čini kotlovnica i dio strojarnice do kotlovnice, da bi dovod pare bio čim kraći i kondenzacija čim manja. Laboratorij posjeduje dva tipična parna stroja, jedan ispušni i jedan dvostruke ekspanzije s kondenzacijom.

Važno je određivanje bilanse topline kotla. Kalorimetrijom dobiva se ogrijevna vrijednost ugljena, analizom izlaznih plinova izgubljenu toplinu u izlaznim plinovima, a analizom ostataka u pepelu, neizgorene čestice ugljena u pepeoniku. Stanoviti dio topline gubi se izbijanjem vanjske kotlovne površine. Odnošaj između iskorišćene topline i gorivom dovedene topline daje iskoristivost kotla. Dobivene vrijednosti Orsatovim aparatom služe za prosuđivanje savršenosti izgaranja, dok se na temelju bilance topline crta Sankey-jev dijagram.

Među ispitivanja parnih strojeva spadaju ispitivanja parnih pumpa, ispitivanje injektora, ispitivanje prelaza topline kod zagrijača grijanih parom, određivanje vlažnosti pare i t. d.

Pogon strojeva, koji sami ne proizvode energiju, vrši se preko elektromotora u direktnom spoju ili s pomoću remena. Pogon remenom u pogledu primjene odgovarajućeg broja okretaja je povoljniji, no obzirom na gubitke u remenu, koji se dadu samo približno tačno ustanoviti, nepoželjan. Regulaciji broja okretaja posvećena je naročita pažnja. Kako je za određivanje efektivne snage i iskoristivosti stroja potrebno poznavanje dovedene energije, protežu se ispitivanja i na elektromotore. Istosmjernu struju, koja s obzirou na regulaciju broja okretaja motora povoljnija, proizvodi laboratorij sam ili je dobiva iz elektrolaboratorija. Trofazna struja s neutralnim vodom od 5.000 volta napona uzima se iz gradske mreže i transformira najprije na 380/220 volta.

Manji transformator transformira ovu ponovno i na 110 volta. Razdiobi električne energije posvećena je naročita pažnja, da bi struja na čim više mjesta mogla stajati na raspolaganju elektromotorima. Istosmjerna struja imade zasebnu ploču sa automatom struje i više kontaktnom sklopkom za punjenje i pražnjenje akumulatorske baterije od 60 članaka.

U pogledu primanja i odavanja električne energije vezana je strojarnica sa elektrotehničkim zavodom, tako da je upotreba struje raznih napona i jakosti nemoguća u svako doba.

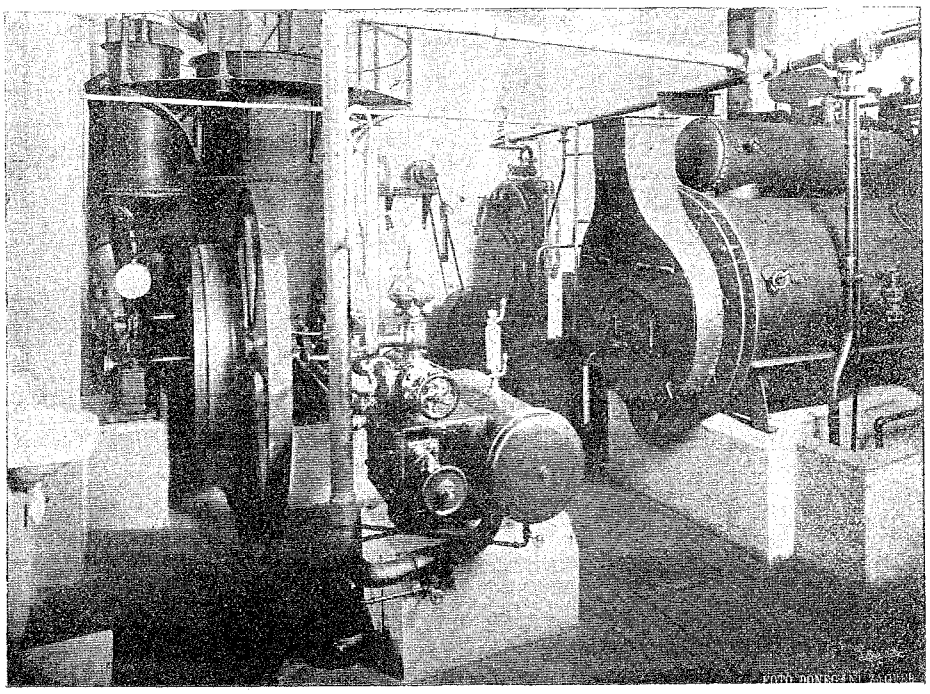
Daljnji rad laboratorija kreće se u smjeru usavršavanja postojećih naprava, primjenjivanju novih metoda mjerenja, izgradnji novih naprava za proučavanje hidrauličkih i termodinamičkih problema, izgradnji stanice za ispitivanje avijonskih motora, ispitivanju propelera, koji rade u

zraku i onih koji rade u vodi, te sličnih problema, koji su za strojarstvo od opće važnosti.

Laboratorij je osnovao g. 1925. i uredio ga profesor Sorta ing. Leopold, čijim nastojanjem je velik dio aparata i strojeva poklonjen od raznih firmi i preduzeća, tako da laboratorij danas predstavlja daleko veću vrijednost nego što su bili faktični troškovi.

Laboratorij za električka mjerenja.

Laboratorij za električka mjerenja na Tehničkom fakultetu u Zagrebu osnovan je g. 1924., još u vrijeme, dok je fakultet bio samostalna Tehnička visoka škola. Tom prilikom izdan je i statut laboratorija.



Laboratorij za strojarstvo. Kotlovnica.
Laboratoire pour la construction des machines. Salle des chaudières.

Sam laboratorij služi u prvome redu za praktička vježbanja u »Električkim mjerenjima« slušača III. godišta, te za praktičke demonstracije uz predavanja »Osnovi elektrotehnike« I. i II., te »Uvod u radio«, koje kolegije predstojnik laboratorija predaje na fakultetu.

Jednako važna je svrha laboratorija da služi naučnom radu predstojnika i osoblja, kao i naprednijih slušača, te je u tom pogledu laboratorijih dobro poslužio i služi kod različitih elektrotehničkih istraživanja i ispitivanja, poimence predstojniku kod radova s područja radiotehnike i srodnih disciplina.

Laboratorij na zahtjev i prema raspoloživim sredstvima i aparatima daje i nalaze (mnijenja) privatnicima i državnim nadleštvima u stvarima

električkih mjerenja i drugih grana elektrotehnike, što tim lakše čini, jer je snabdjeven nekim preciznim uređajima za fina mjerenja.

Velik dio inventara, koji — osim male priručne biblioteke — sadržaje blizu 160 komada, među kojima niz vrlo preciznih mjeraćih naprava i instrumenata, mašinski agregat s trofaznim motorom i dva dinamostroja, stacionarnu akumulatorsku bateriju od 120 volta napona i 27 ampersati kapaciteta, i t. d. darovala je pripravno domaća industrija u vrijeme osnivanja laboratorija, kad je ekonomski bolje stajala. Laboratorij stalno pati na nestašici kredita. Neznatna suma, što ju on godišnje dobiva na raspolaganje onemogućuje kompletiranje laboratorija i koči rad na novim područjima elektrotehnike, odnosno onima, koja se živo razvijaju. Laboratoriju bi svakako još trebala jedna predavaonica, jedna radionica za popravke i niz drugih manjih instalacija. Mnogi od ovih problema laboratorija dat će se međutim definitivno riješiti istom kad Tehnički fakultet dođe do svoje vlastite zgrade.

Međutim i ovakov, kakov je sada, laboratorij vrši svoju zadaću uputivši u tehniku električkih mjerenja i uopće u praktički rad već nekoliko godišta slušača tehnike, te pridonijevši i naučnom obrazovanju naprednijih slušača i osoblja laboratorija. Predstojniku pomaže u laboratoriju jedan demonstrator, no potreban bi bio asistent.

Predstojnik je prof. L o n č a r dr. J o s i p napisao: 1. Konstrukcije radiostanica za primanje, dio I. (1927.) i II. (1929.), 2. Monogene neanalitičke funkcije, 3. Brojne stručne članke i kraće priloge u nekim domaćim stručnim listovima (Teh. Listu, Nast. Vjesniku, Prirodi, Mladosti, Omladini, Radio Vjesniku, Radiowelt-u u Beču i t. d.).

Stolice i zavod za elektrotehniku.

Današnje doba je doba elektricitete. Ušla je u sve grane našega života i naše radnje, a postala nam je bezuvjetno potrebna. Moglo bi se dapače tvrditi, da je potrošnja kilovat-sati, koja otpada prosječno na svakog stanovnika mjera blagostanja i kulturne visine naroda. Samo je po sebi jasno, da je potreban veliki broj dobro izvježbanih sila, koje rukovode sa čitavim aparatom proizvodnje i razdiobe električne energije i uzdržavaju u nesmetanom toku. No potrebnu aparaturu treba tek stvoriti. A za ovo stvaranje potreban je opet veliki broj izvježbanih elektroinženjera. Prva je dakle zadaća: elektroinženjer.

Obrazovanje je elektrotehničara, za praksu sposobnog elektroinženjera dugotrajna. Mnogo mora učiti, mnogo praktično vježbati, prije nego svrši, to jest prije nego može da uđe u elektrotehnički život, a potpuno svršiti ne će i ne može nikada. Nipošto naime nije mrtva tvar, kojom radi elektroinženjer. Električna struja ne samo da stvara nego i ruši, ona svjetli, ali i zapali, grije ali i opeče, ona probuđuje, ali i ubija.

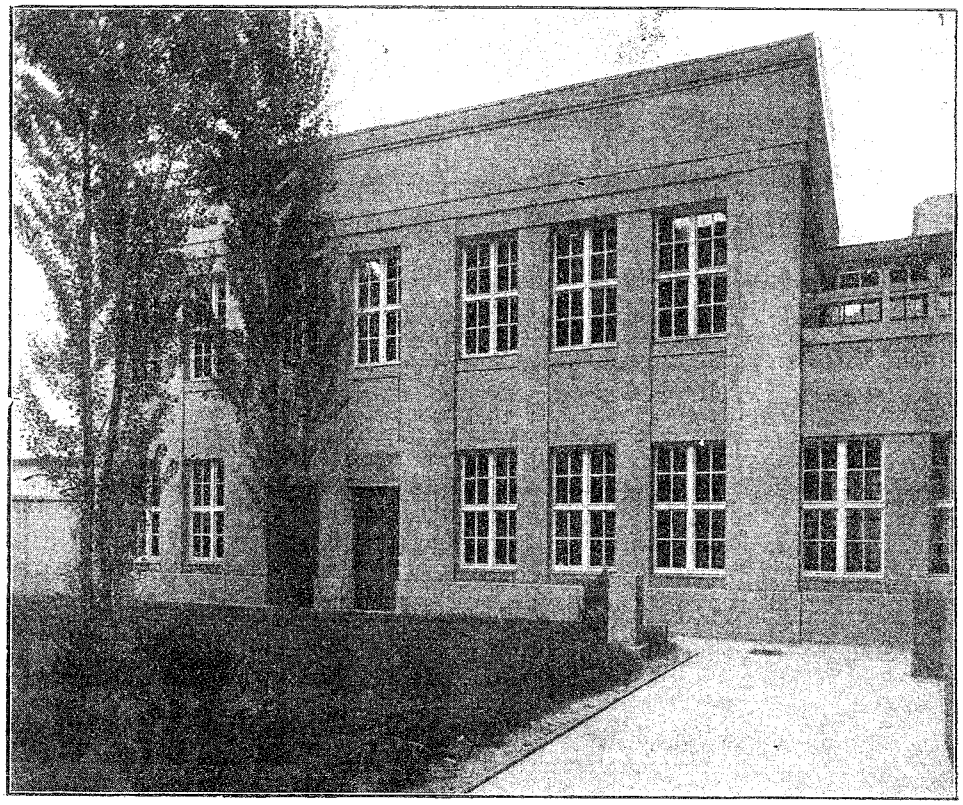
Izobrazba elektroinženjera u električnom smjeru pripada Z a v o d u z a e l e k t r o t e h n i k u.

Na osnovnim naukama iz elektrotehnike gradi S t o l i c a z a j a k u s t r u j u. Ona tumači slušaču zakone i pravila tehnike jakih struja i njihovu upotrebu, vodi ga do točnog upoznavanja transformatora i električnih strojeva, te mu prikazuje, kako ih treba računati i graditi, kako upotrebljavati i uzdržavati te iskorišćavati.

S ovom stolicom mora da radi zajedno S t o l i c a z a p r e n o s i r a z d i o b u e l e k t r i č n e e n e r g i j e. Njezina je zadaća da tumači

zakone i pravila električnih vodova i električnih mreža, koje vode, u centralama proizvedenu električnu energiju, na sva mjesta trošenja S tim je u najužoj vezi nauka o instalacijama i nauka o zaštiti i osiguranju rasporeda prema svakoj pogibli, koja može da prijeti iz vanjskih i nutarnjih uzroka.

Osim teoretične obuke pripada Zavodu za elektrotehniku i praktična obuka u Laboratoriju za jaku struju, koja je od najveće važnosti, jer prikazuje praktičnu upotrebu stečenog teoretskog znanja. Potpuno osposobljenje inženjera elektro-strojarske struke dade se provesti samo na osnovi mnogih ispitivanja, vježba i mjerenja u labo-



Zavod za elektrotehniku. Pročelje.
Institut électrotechnique. Façade.

ratoriju, koji ima da bude snabdjeven svim uređajima, koji zasijecaju u praktičan rad inženjera.

Osim navedenih zadaća, ima još drugih, koje mora da ispunjava spomenuti zavod.

Industrija ne može da zaostane za stranim zemljama, ako ne će da bude ovisna o njima. Utakmica je za napredak apsolutno potrebna. Što je najbolje i razmjerno najjeftinije pobjedit će konačno. To stoji. Ali stoji i to, da je već prije utakmice potrebno upoznavanje kvalitete vlastitog proizvoda. Ovo upoznavanje traži uspoređivanja, mjerenja i preispitivanja. Naša industrija sama nema uvijek te mogućnosti, pak Tehnički fakultet mora da priskoči u pomoć. Samo najuža saradnja garantira jed-

nome i drugome puni prosperitet. Njemačka je došla do te spoznaje već davno. Uspjeh nije izostao, jer nije mogao izostati. Ne treba ga tek tražiti u bilo kojoj grani privrednog života. A da može kod spomenutih mjerenja, preispitivanja i t. d. budući inženjer mnogo naučiti, to ne treba posebno spomenuti.

Time smo upoznali sve zadaće, koje je sebi postavio Zavod za elektrotehniku, koji je osnovan godine 1925/26. kada su predavanja iz jake struje bila povjerena P l o h l-u ing. M i r o s l a v u, koji je i predstojnik ovog Zavoda.

Na raspolaganju stajala su u početku neznatna sredstva. Susretljivošću i darežljivošću ratne mornarice, napose pomorskog arsenala u Tivtu i mornaričke izvidničke komande u Šibeniku, došao je laboratorij u posjed nekoliko strojeva, aparata i uređaja, koji su, obnovljeni i modernizirani, dali osnov za uređenje laboratorija.

Uprava električne centrale grada Zagreba nije zaostala za darežljivošću ratne mornarice. Prepuštanjem transformatora, instrumenata za mjerenje i željeznog materijala, koji su preostali nakon obnove novog razvodnog uređaja električne centrale, omogućeno je, da se sva preostala novčana sredstva upotrebe samo na nabavku preciznih instrumenata mjerenja, modernih aparata i električnih strojeva, za koju nabavku inače ne bi dostajala raspoloživa sredstva.

Treba da spomenemo i ostala privatna lica, koja su u pogledu materijala za gradnju laboratorija kano i u pogledu nabavka za njegov uređaj dolazila do skrajnih granica u susret. Ispunjavamo ugodnu dužnost, što možemo da i tom prilikom njima svima izrazimo našu duboku zahvalu.

Godine 1926/27. izvedena je gradnja zgrade laboratorija po nacrtima profesora S o r t e ing. L. U prizemlju je uređen laboratorij sa električnim strojevima i stanica za baždarenje električnih brojila, koja spada pod kompetenciju Ministarstva Trgovine i Industrije. Ova stanica upotpunjuje u velikoj mjeri instrumentalno odjeljenje laboratorija.

Prvi kat sadržaje predavaonicu i uređaje za preispitivanje i baždarenje preciznih instrumenata, općenito uređaje najpreciznijih mjerenja.

Laboratorij je uređen za jaku struju. Mašinelni uređaj strojarnice izveden je u vidu, da se budući inženjer upozna s pogonom strojeva, s ispitivanjima i mjerenjima, koje u praksi zahtjeva pravilan pogon, a u drugu ruku da bude u stanju, da upozna karakteristična svojstva i sposobnosti strojeva.

Transformatorska stanica gradske centrale stavlja laboratoriju na raspolaganje struju od 380/220 Volta napetosti, nakon što je transformirana od visoke napetosti od 5000 Volta. U strojarnici laboratorija transformira se ponovno izmjenična struja u razne napone, a u pretvaračima pretvara u istomjernu struju na visinu napetosti, koju iziskuju ispitivanja. Mreža istosmjerne struje dobiva struju prema tomu iz vlastitih naprava laboratorija.

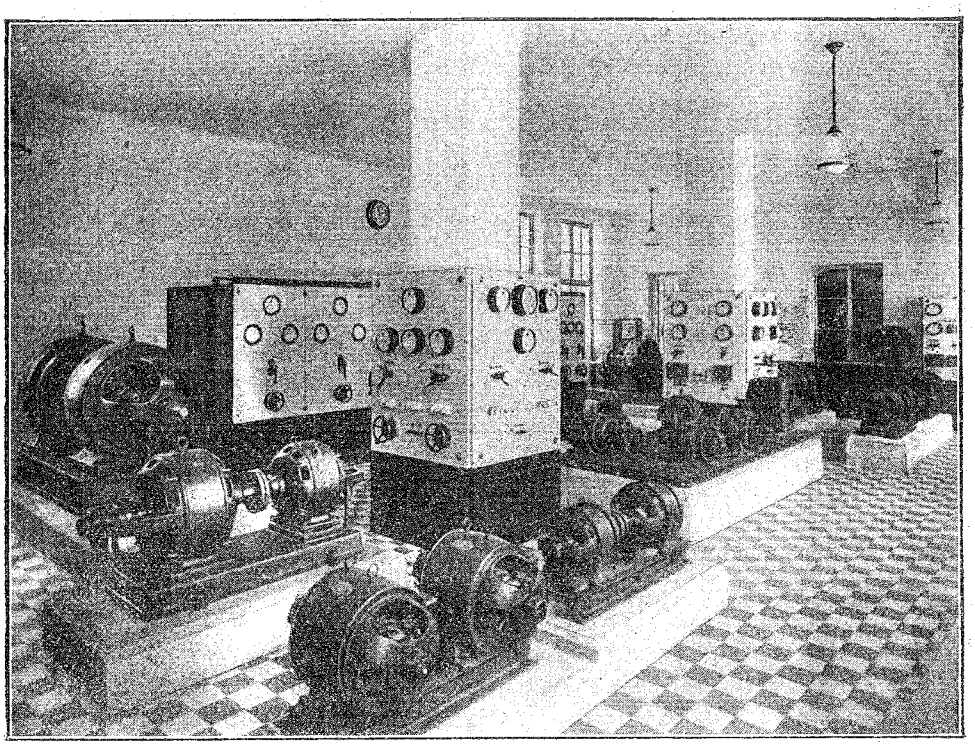
Za pretvaranje trofazne u istosmjernu struju služi motorgenerator od 35 KW i 115 Volta napona. Istosmjerni poredni generator tog aparata obične je konstrukcije s pomoćnim polovima. Regulacija napona je ručna i vrši se preko porednog regulatora. Drugi agregat također je motorgenerator trofazne-istosmjerne struje, ali s kompaundiranim istosmjernim strojem od 65 do 80 Volta i 120 Ampera.

Za punjenje akumulatorske baterije od 110 Volta služi zasebni agregat trofazne istosmjerne struje. Akumulatorska baterija sastoji se iz 60

elemenata, od kojih 12 dodatnih upravlja naponom, a smještena je u posebnoj dobro ventiliranoj prostoriji.

Uz glavnu razvodnu ploču smješten je motor istomjerne struje u direktnom spoju sa sinhronim generatorom jednofazne izmjenične struje u jakosti od 25 KVA. Istosmjernu struju za pogon agregata daje generator istosmjerne struje od 35 KW. Frekvenca se može regulirati u granicama između 40 i 60.

Trofazni sinhroni generator moderne konstrukcije sa ugrađenim uzbudnim strojem poredne regulacije, služi za upotpunjenje ispitivanja sinhronih generatora. Pošto mreža u laboratoriju daje struju napona od



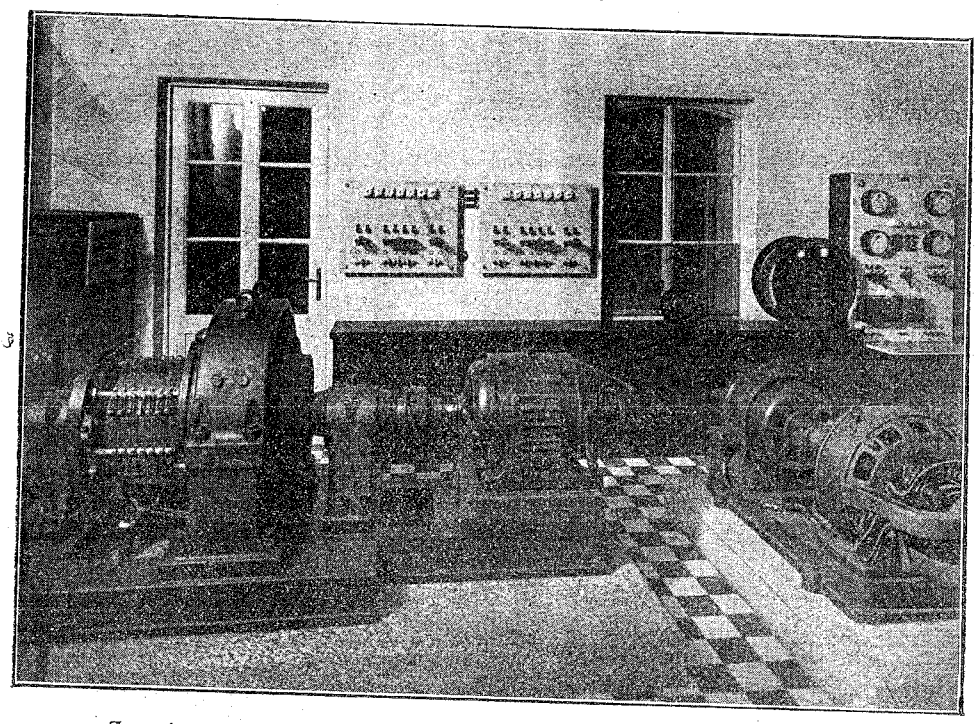
Zavod za elektrotehniku. Strojarnica.
Institut électrotechnique. Salle des machines.

380/220 Volta, taj generator služi samo u svrhu ispitivanja, upoznavanja karakteristika i raznih svojstva trofaznih generatora kod različitog broja perioda. U tu je svrhu potrebna napose tačna i opširna regulacija broja okretaja, te je za pogon uzet repulsioni motor sa dvostrukim slogom kefica.

Do sada navedeni strojevi služe u glavnome za upoznavanje pogona i prilika, pod kojima se pogon obično razvija, a prema tomu i za ispitivanja i mjerenja, koja su sa običnim pogonom vezana. Osim skupina motornih generatora, koje smo do sada opisali posjeduje laboratorij veliki broj elektromotora različnih sustava i konstrukcije, od kojih upoznavaju karakteristike i vrše ispitivanja na specijalno u tu svrhu izgrađenom ispitivalištu.

Ispitivalište se sastoji od nekoliko livenih ploča za pričvršćenje strojeva. Dvije razvodne ploče, jedna za istosmjernu, a druga za izmjeničnu struju, sadržavaju sve potrebne instrumente i uređaje za spajanje, prekidanje i osiguranje struje. Potrebnu struju stanovite vrsti i napona za ispitivanje dobivaju razvodne ploče iz dviju razdjelnih polja glavne razvodne ploče.

Asinhroni motori jednofazne i trofazne struje, serijski i poredni motori, tramvajski i drugi motori građeni u specijalne svrhe, pojedinačno, dotično po dva međusobno jednaka motora, dopuštaju mogućnost za praksu važnih grupiranja i njihovih ispitivanja.



Zavod za elektrotehniku. 35 KW Motor-generator istosmjerne struje.
Institut électrotechnique. Moteur-générateur de courant continu 35 KW.

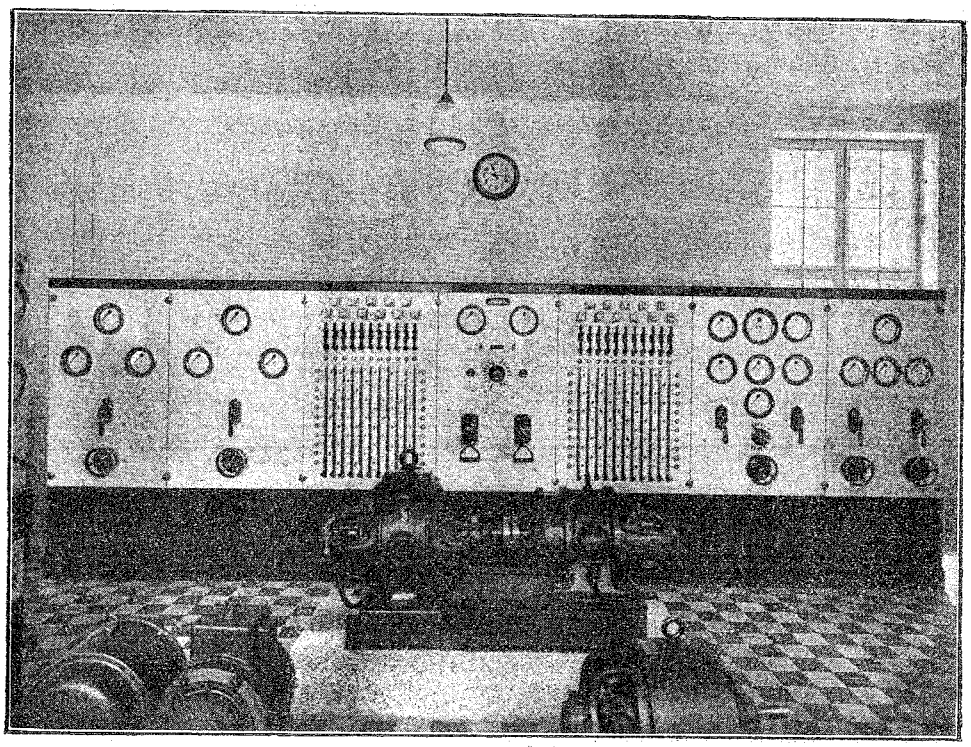
Za određivanje iskoristivosti električnih strojeva posjeduje laboratorij dvije pojasne kočnice sistema Siemens i Halske, hlađene vodom. Jedna kočnica dopušta kočenje strojeva do maksimalne jakosti od 2 KS, a druga do maksimalne jakosti od 10 KS. Određivanje iskoristivosti motora i generatora vrši se naravno i drugim metodama, primjerice postupkom opterećivanja, postupkom unatražnog podavanja energije i postupkom pojedinačnog određivanja gubitaka.

U institutu su smještena dva jednaka jednoarmaturna pretvarača za pretvaranje malenih energija trofazne struje u istosmjernu ili obrnuto od 4 KVA. Kako u današnje vrijeme dolaze u upotrebu sve više živini pretvarači, nabavio je laboratorij takav pretvarač sa zasebnom razvodnom pločom i svim za ispitivanje potrebnim instrumentima.

Oba su jednoarmaturna pretvarača od osobite važnosti za ispitivanje, jer dopuštaju prikazivanje mnogostruke upotrebe ovih interesantnih strojeva. S prije spomenutim agregatom za punjenje akumulatorske ba-

terije, koji je u stanju, da dobavlja struju do maksimalno 220 Volta napona, čine oba spomenuta pretvarača jednu jedinstvenu grupu, koja dopušta pretvaranje istosmjerne struje u trofaznu struju do visine napomena od 120 Volta. S pripadnim asinhronim motorima dopuštaju pretvarači prikazivanje osnovnih zakona pretvarača u kaskadi. Ovi se pretvarači mogu konačno upotrebiti u svrhu prikazivanja principa ekonomične regulacije asinhronih motora.

Strojevi, koji imadu da rade u paralelnom spoju, spajaju se na pripadne priključnice lijeve i desne strane s pomoću zasebnih ploča za sinhroniziranje, a zajednički se teret spaja na priključnice sredine. Ako se



Zavod za elektrotehniku. Trofazni sinhroni generator.
Institut électrotechnique. Générateur synchronique triphasé.

traži sinhroniziranje na vlastitu mrežu jedan se od ovih generatora može naravno zamijeniti vlastitom mrežom. Automatske sklopke, imadu zadaću, da štite protiv nepravilnog spajanja. Kod vježba u sinhroniziranju pokazao se je ovaj uređaj veoma podesnim.

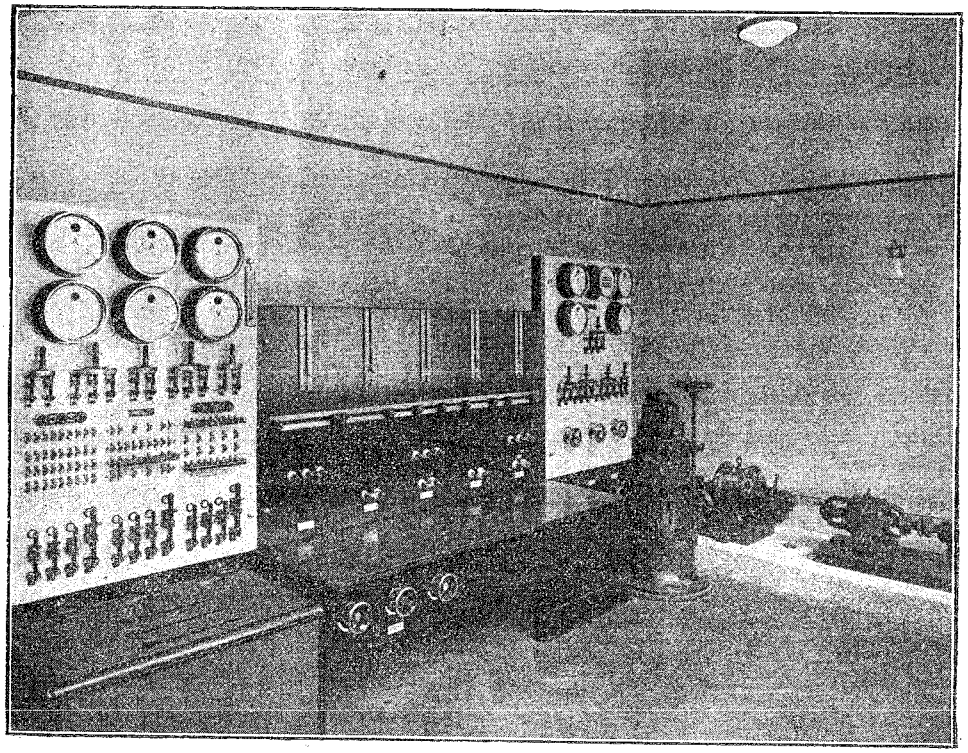
Generatori visoke frakvence, strojevi struje i napona upotpunjuju strojni uređaj instituta.

Za ispitivanje transformatora uređeno je zasebno ispitivalište s razvodnom pločom i transformatorom, koji je u stanju, da daje ispitivalištu sve normalne napone od 500 Volta na niže. Razni maleni transformatori, od kojih su neki u dva primjerka iste konstrukcije i veličine, služe kano objekti za ispitivanje i upoznavanje karakterističnih svojstava transformatora. Ostali kod ispitivanja potrebni instrumenti za mjerenje struje, napona i djelovanja, uputnici, otpori i prigušnice itd. stoje ispitivačima

u velikom broju na raspolaganje. Ovi su smješteni u ormarima laboratorija te je ispitivačima dana mogućnost, da si sami odaberu i sastave instrumente i uređaj, potreban za ispitivanje zadanog problema.

U svrhe tačnoga mjerenja stoji institutu na raspolaganje više manjih akumulatorskih baterija od 4, 6 i 12 Volta napona i jedna veća prije spomenuta baterija od 110 Volta sa kapacitetom od 60 Ah.

Trofaznu struju četverovodnog sistema od 380/220 Volta napetosti i do 100 Amp. jakosti, dovađa posebni kabel iz transformatorske stanice preko glavne automatske sklopke i glavnih osigurača do glavne sklopke srednjeg polja razvodne ploče, a odavde na skupne sabirnice. Automatska



Zavod za elektrotehniku. Stanica za baždarenje elektr. brojila i preciznih instrumenata. Institut électrotechnique. Station de jaugeage de compteurs et instruments de précision.

sklopka osigurava struju u dvojakom smislu. Najprije kod prekoračenja stanovite jakosti struje, a u drugom slučaju, kad napon znatno padne.

S glavnih sabirnica vodi se struja k pojedinim poljima glavne razvodne ploče. Prvo desno i lijevo polje od srednjeg polja čine razdjelna polja. Na tim poljima dadu se pomoću jednostavnih naprava, koje su u tu svrhu konstruirane, po volji oduzimati struje različitih vrsta i napona. Odatle se privode struje pojedinim radnim mjestima i ispitivalištima u prizemlju i u prvom katu pomoću jednostavnih ploča, koje su proviđene sklopkama, osiguračima i priključnicama. Vanjska polja glavne razvodne ploče služe za upravljanje prije spomenutih glavnih agregata za istosmjernu i izmjeničnu struju. Prva dva vanjska polja upravljaju agregat jednofazne struje od 25 KVA. Predzadnje desno polje upravlja trofazni sinhroni generator zajedno s repulzionim motorom, a posljednje desno

polje generator istosmjerne struje od 35 KW skupa s njegovim pogonskim trofaznim asisinhronim motorom. Sva su ova polja spojena s razdjelnim poljima razvodne ploče tako, da postoji mogućnost dobivanja svih normalnih napona istosmjerne i izmjenične struje s glavne razvodne ploče.

Razdioba vodova i spojeva instrumenata razvodne ploče izgrađeni su tako, da služe kano primjer uzorne konstrukcije razvodnih ploča. Da bi se rasporedba elemenata, koji sačinjavaju jedno polje razvodne ploče, čim zornije prikazala, svako je polje izgrađeno pod stanovitim uvjetima. Primjerice polje trofaznog generatora provideno je instrumentima za mjetrofaznim asinhronim motorom. Sva su ova polja spojena s razdjelnim renje struje i napona putem transformatora, iako se ove naprave kod tih napona od 380/220 Volta i malene jakosti struje općenito ne upotrebljuju. Odvodni vodovi s glavne razvodne ploče na radna mjesta vode se u zemlji u željeznim cijevima.

Uz laboratorij jake struje nalazi se u prizemlju moderna stanica za ispitivanje i baždarenje električnih brojila. U stanici se nalaze dvije glavne ispitne ploče. Jedna je izrađena za trovodni sistem istosmjerne struje do 2×250 Volta i 150 Amp. Na taj način dadu se baždariti brojila dvovodnog sistema do 500 Volta napetosti i trovodnog sistema do 2×250 Volta napetosti na 150 Amp. jakosti.

Druga ispitna ploča dozvoljava baždarenje brojila izmjenične struje za jednofazni, trofazni trovodni i trofazni četverovodni sistem do 500 Volta napona i 100 Amp. jakosti struje vatnog i bezvatnog djelovanja. Vertikalni agregat, koji je tjeran istosmjernom strujom služi za proizvadanje izmjenične struje i posjeduje mogućnost promjene faznog pomaka struje napram naponu struje. Struju, koja je potrebna za baždarenje brojila istosmjerne struje, daje agregat sastavljen iz pogonskog asinhronog trofaznog motora, te stroja struje i stroja napona.

U prvom katu rezervirane su dvije sobe za tačna mjerenja, za kontrolu i baždarenje preciznih instrumenata, mjerenje kapacitete, induktivitete, otpora i t. d. U jednoj od tih prostorija smješteni su galvanometri sa zrcalom, među kojima se nalazi jedan balistični i jedan vibracioni galvanometar, te dva zasebna galvanometra za različna mjerenja, od kojih je jedan s osobito kratkim trajanjem titranja.

U drugoj prostoriji smješteni su preostali instrumenti i naprave za mjerenja, kano primjerice Thomsonov most, Wheatstonov most, universalni galvanometar po Siemens i Halske, Köpselov aparat, mostovi za mjerenje velikih i malenih induktiviteta, kapaciteta i t. d. Kod tih mjerenja uvela se je uporaba pojačala pomoću elektronskih cijevi, da bi se time postigla čim veća tačnost. Za skoro vrijeme predviđena je nabavka jednog kompensatora za izmjeničnu struju, jedne naprave za ispitivanje željeza po Eppsteinu, a osim toga jedno potpuno uređenje za visoki napon.

U svakoj od spomenutih prostorija nalazi se po jedna razvodna ploča za oduzimanje struje, koja stoji u spoju sa glavnom razvodnom pločom u strojarnici. Time je omogućen izbor različitih struja, napona i frekvence.

Da bi se kod predavanja moglo upotrebiti čim više eksperimenata, smještene su u predavaonici dvije razvodne ploče s pripadnim instrumentima i automatima. Dvije su ploče spojene s glavnom razvodnom pločom, u svrhu proizvoljnog izbora struje. Svaki teorem treba, da je potkrijepljen eksperimentom, kako bi na taj način postao trajna svojina slušača.

Uzorci raznih kolekcija instalacionog materijala, zbirka i modeli pojedinih konstrukcija, smješteni su u predavaonici, da bi slušači mogli na zorni način pratiti razvitak proizvodnje raznog električnog materijala i upoznati se njime. Ovaj je princip proveden iz pedagoških razloga, a upotrebljen je i kod upoznavanja spojeva jake struje. Svake sedmice izvješene su u predavaonici slike, kojima se prikazuju razni spojevi strojeva i naprava jake struje. Počevši s jednostavnim i lahkim spojevima, dolaze na red svake sedmice slike raznih i sve to više kompliciranih spojeva. Na taj se način povećava interes za nove slike, a da se pri tom ne stavljaju preveliki zahtjevi na pamćenje slušača. U kratko rečeno, zorna obuka pomaže u toliko, što se uštedi na vremenu predavanja, pošto se ponavljanje prije prikazanih spojeva obavlja u veoma kratkom vremenu.

U dvije godine uređivanja laboratorija stvoreno je i izgrađeno sve ono, što je do sada opisano. Naravno, da je to vrijeme prekratko a da bi se ovakav institut mogao potpunoma razviti i do savršenosti izgraditi. Međutim neka praktična uređenja i usavršenja, koja još nedostaju, izvest će se u najskorije vrijeme.

U Zavodu za elektrotehniku rade slušači, koji su navršili 4 semestra općeg strojarstva i koji se žele posvetiti elektrostrojarstvu. Osim elektrostrojara dolaze u obzir i slušači strojarstva, koji slušaju skoro sve predmete jake struje, te vrše i vježbe u laboratoriju u reduciranom opsegu.

Osim laboratorijskih vježba svaki slušač elektrostrojarskog odjelenja, pravi konstruktivne vježbe iz jake struje, konstruktivne vježbe iz strojarstva, te pohađa vježbe u strojarskom laboratoriju.

Brodograđevni odio.

Nakon sloma Austro-Ugarske monarhije veći dio morske obale pripao je našoj državi, te je naša država po svom položaju stupila u red pomorskih država. Od ukupne prostorne tonaže austro-ugarske trgovačke mornarice, koja je brojala oko 1.000.000 registarskih tona, pripalo je našoj državi 110.000 tona. Poslijeratna trgovačka riječna mornarica imala je znatno veći broj jedinica od predratne, jer je god. 1919. veliki riječni plovni park dodijeljen našoj državi. Ratna mornarica, napose ona na moru, morala se je izgraditi od osnove.

Pomorsko i riječno brodarstvo naše države imalo se je razvijati u smjeru, da se ponajprije vodi briga o uzdržavanju i obnovi zastarjelog plovnog parka, a uporedo s time, da se imade u vidu podizanje i povećanje trgovačke mornarice prema nastalim novim ekonomskim prilikama.

Osim malog brodogradilišta u Kraljevici i pomorskog arsenala ratne mornarice u Tivtu, nije u gornje svrhe na morskoj obali stajalo na raspolaganje nijedno brodogradilište, kao što nije ni za popravak riječnog plovnog parka bilo nijedne popravljaonice na našim rijekama.

Prema ovakovom stanju nacionalnoga brodarstva i potrebama, koje su iz takovog stanja proizlazile, stavila je Visoka Tehnička Škola sebi u dužnost, da osnuje brodograđevni odio. Svrha tog odjela bila je odgoj i osposobljenje inženjerskog brodograđevnog pomladka, koji će biti u stanju, da potpuno udovolji navedenim tehničkim potrebama brodarstva.

Budući da je brodogradnja specijalni dio strojarstva, te imade s ovim sve osnovne predmete zajedničke, priklonjeno je brodograđevno odjeljenje strojoinženjerskom odjelu. Specijalni predmeti brodarstva koncen-

trirana su u tri glavne grupe i to T e o r i j u b r o d a, O s n i v a n j e i k o n s t r u k c i j u b r o d a i B r o d s k e s t r o j e v e.

Kod teorije broda naročita se je pažnja posvetila primjeni. Za proračunavanje principijelnih veličina forme broda uzete su u obzir ne samo numerička i grafička metoda, već i metoda izračunavanja pomoću upotrebe planimetra i integratora, koja metoda daje u vrlo kratkom vremenu tačne rezultate.

Određivanje statičke i dinamičke stabilitete za veće nagibe i pitanja, koja su sa stabilitetom usko vezana, čine glavni dio teorije. Djelovanje slobodne površine na stabilitetu uzeto je detaljnije u pretres, jer stabiliteta kod brodova tankova, koji prevoze mineralna ulja, igra veoma važnu ulogu. Kod otpora broda uzeta su u obzir najnovija sistematska ispitivanja otpora modela raznih vrsti brodova. Otpor forme broda određen je po zakonu sličnosti iz otpora geometrijski sličnog modela, dok se otpor trenja, koji ne slijedi zakon sličnosti, izračunava analitički.

Određivanju čvrstoće broda po analitičkoj i grafičkoj metodi posvetilo se je najviše pažnje. Poprečna čvrstoća određuje konstrukciju zatvorenog i otvorenog okvirnog nosača na osnovi principa o virtuelnim radnjama ili na temelju poučka o minimumu na radnji deformacije ili po jednadžbi o trim momentima. Nepropustive pregrade traktiraju se kano nosioci sa više uporišta sa vertikalnim i horizontalnim ukrepljenima.

U pogledu izvađanja propelera prelaze se geometrijske metode razvijanja propelernih ploha sa konstantnim, radijalno i periferijalno promjenljivim usponom. Kod osnivanja uzima se za osnovu metoda sistematskih ispitivanja modela propelera i primjena te metode po zakonu sličnosti. Traktira se upliv promjene glavnih veličina i broja okretaja na djelovanje propelera. Zasebno poglavlje posvećeno je kolaricama.

Što se tiče osnivanja i konstrukcije brodova izrađuju se nacrti po zakonima čvrstoće kontroliraju prema propisima klasifikacionih društava. Kako naše pomorsko područje spada više pod kompetenciju engleskih klasifikacionih društava, udovoljava se pri osnivanju u prvu ruku engleskim, a onda njemačkim i francuskim propisima. Osim osobnih i teretnih parobroda male obalne plovidbe izvode se osnove za parobrode velike obalne plovidbe, kojih naša trgovačka mornarica najviše treba, a ne zanemaruju se ni brodovi duge plovidbe. Brodovi za prevoz mineralnih ulja osnivaju se po longitudinalnome sistemu, dok se kod običnih brodova upotrebljuje poprečni sistem rebara. Kod izrade nacrta za željezne konstrukcije trupa broda primjenjuju se novije metode smještaja i spojeva profila i limova.

U pogledu osnivanja ratnih brodova dolaze u obzir manje jedinice kano torpiljerke, razarači, male krstarice, podmornice i monitori, koji našim prilikama najviše odgovaraju.

Osim zajedničkih predavanja o parnim strojevima, parnim turbinama i eksplozionim motorima, obdržavaju se specijalna predavanja o brodskim strojevima, u koliko se ovi obzirom na pogon brodova bitno razlikuju.

Eksplozionim motorima posvećuje se veća pažnja, mada naša trgovačka mornarica gotovo ni nema motornih brodova, jer izgradnja eksplozionih motora na brodovima u novije vreme uzima sve većeg maha.

Može se reći, da brodostrojarstvo u svim pravcima dolazi do sve veće savršenosti.

Kod brodskih kotlova loženje uljem dolazi do sve veće uporabe a isto tako i pregrijanje pare, koje je od velike važnosti napose kod parnih turbina. Kod brodskih pomoćnih strojeva posvećuje se pažnja osnivanju i konstrukciji stapnih i centrifugalnih pumpa, ventilatora te teretnih sidrenih i kormilnih vitla.

Za bolje razumijevanje predavanja i olakšanje konstruiranja, uvedena je obligatna šestmjesečna praksa na brodogradilištima dotično na parobrodima male i velike obalne plovidbe.

Kano nadopuna predavanjima i vježbama služi zbirka diapozitiva iz raznih struka brodarstva, nadalje nacrti linija i konstrukcija izvedenih parobroda, nacrti brodskih parnih strojeva, pomoćnih strojeva i sastavnih dijelova strojeva. Sa strane brodovlasnika poklonjeno je odjeljenju nekoliko modela brodova.

Profesorska i đačka knjižnica posjeduju gotovo sva stručna djela njemačke brodograđevne literature, te mnoga izdanja engleske, amerikanske, francuske i talijanske stručne literature. Zastupano je nekoliko časopisa na njemačkom i engleskom jeziku.

Ministarstvo ratne mornarice poklonilo je odjelu niz strojevnih dijelova i pomoćnih brodskih strojeva, koji služe u nastavne svrhe. U svrhe ispitivanja i proučavanja djelovanja brodskih strojeva ustupljeni su laboratoriju za strojarstvo vertikalni parni stroj dvostruke ekspanzije sa svim pumpama i kondenzatorom, duplex-pumpa, ventilator, dva parna kotla i više elektromotora.

Da se stekne dublje poznavanje zakona teorije broda u izvedbi je bazen, koji će služiti proučavanju stabilitete broda, uplivu slobodnih površina na stabilitetu, prodora vode i nepotonivosti. Isti bazen služiti će i za ispitivanje propelera.

Predmete koji zasijecaju u brodogradnju i brodostrojarstvu predaju od osnutka profesori S t i p e t i ć ing. Đ u r o i S o r t a ing. L e o p o l d.

Stolica i zavod za mineralogiju i geologiju.

Uz stolicu za mineralogiju i geologiju osnovan je istodobno i zavod. Zavod služi za vježbe i za rad slušača u mineralogiji, petrografiji i geologiji. Rade u njemu slušači hemijsko-inženjerskog odjela, građevnog, geodetskog i arhitektonskog odjela Tehničkog fakulteta. Od god. 1925. služe se institutom i slušači više pedagoške škole, a od god. 1927. i slušači gospodarsko-šumarskog fakulteta. Osim toga je svrha zavoda potpomaganje mineraloškog, petrografskog i geološkog rada na terenu, a služi i naučnom radu predstojnika i drugog zavodskog osoblja, kao što je i ovlašten davati strukovna mišljenja u raznim pitanjima praktične mineralogije, petrografije i geologije oblastima i privatnim licima.

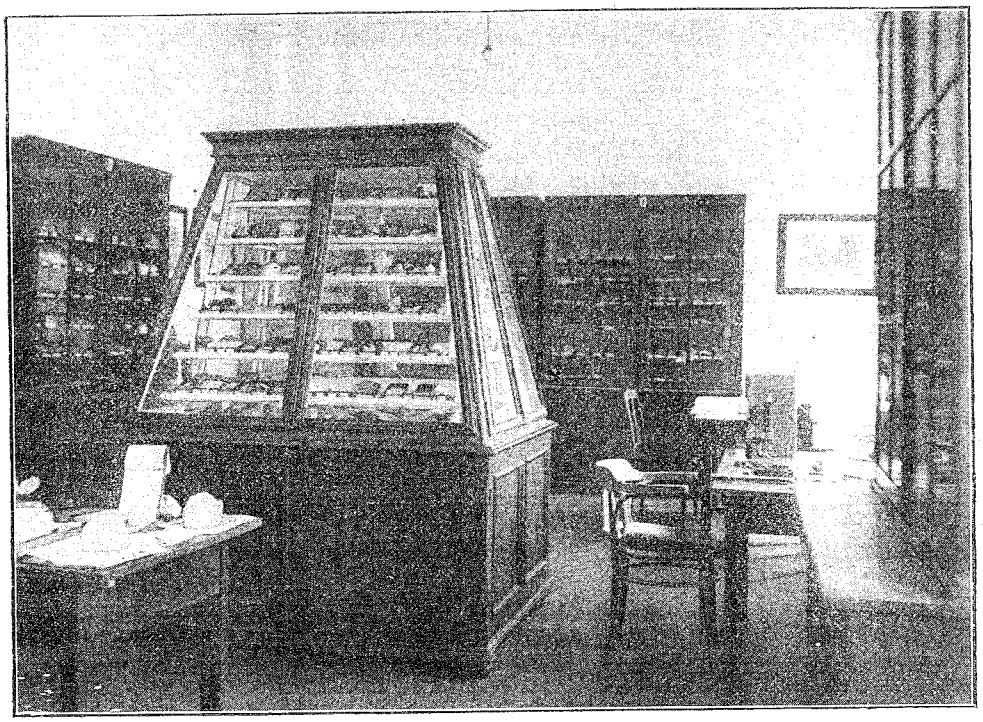
Najveće zasluge za procvat zavoda, koji danas obiluje lijepim zbirkama i odličnim naučnim pomagalima, imade prof. K o c h F e r d o, prvi njegov predstojnik, koji je izvrsnom organizacijom, što nabavio novčanim prinosima države, ali u glavnom darovima pojedinih poduzeća i privatnika, velik dio današnje imovine zavoda.

I god. 1920. dobio je zavod svog stalnog službenika, a god. 1921. dodijeljen je zavodu u svojstvu asist. g. B o g o j e v i ć D u š a n srednjoškolski profesor, koji još i danas u istom svojstvu na zavodu djeluje.

Kad je u julu 1924. god. g. K o c h F e r d o imenovan na filozofskom fakultetu u Zagrebu, bio je još predsjednikom zavoda do god. 1925. Te je

godine profesorski zbor na tehničkom fakultetu povjerio predavanja iz mineralogije, geologije i petrografije g. Šuklje dru Franu, geologu na geološkom zavodu u Zagrebu, te ga ujedno imenovao predstojnikom zavoda. Zavod je sada ponovno preuređen tako, da imade posebne prostorije za zbirke, a posebnu dvoranu za đačke vježbe, te je uz vrlo mršave dotacije, ali većinom darovima, povećao i zbirke kao i biblioteku.

Zavod je najprije bio smješten u hemijskom laboratoriju na Marulićevom trgu u prvom katu. Tu je zapremao tri sobe. Jednu je sobu zapremao predstojnik, jedna je služila kao radionica za slušače, a u trećoj



Mineraloško-geološki zavod. Zbirke.
Institut de géologie et minéralogie. Collection de minéraux.

je bila smještena zavodska zbirka minerala, kamenja i paleontološkog materijala. U toj sobi je radio ujedno i zavodski asistent.

U martu 1928. preselio se je zavod u zakladnu Žerjavićevu kuću, gdje je smješten u tri sobe i nuzgredne prostorije. U jednoj je sobi smješten predstojnik, u jednoj je radionica za đačke vježbe, a u trećoj je smještena zavodska zbirka. U novim je prostorijama uređena i fotografska kamera kao i mali priručni laboratorij. Tokom god. 1929. preselio se je zavod u novu zakladnu kuću u Kršnjavoga ulici. Tu je za zavodu određeno u prizemlju pet soba, od kojih će jedna biti preuređena kao predavaonica. U dvije sobe smjestit će se zavodska zbirka, jedna će služiti predstojniku zavoda, a jedna asistentu. Veliko predsoblje uredit će se kao radionica za đačke vježbe. Osim toga će se urediti fotografska izba i mali priručni laboratorij za manje zavodske potrebe.

Mineraloška zbirka. Zaprema četiri velika ormara, te broji oko 700 primjeraka raznovrsnih ruda, naročito iz rudišta naše zemlje. Uz

ovaj materijal imade u predstojnikovoj sobi oko 100 komada kristalizovanih raznih minerala. Dovoljno je velik i mineraloški materijal, koji služi kod đačkih vježbi i koji se troši, i sveudilj se novi nabavlja.

Petrografska zbirka ispunjava jedan veliki ormar te broji preko 350 objekata najtipičnijeg kamenja. Ta se zbirka neprestano povećaje donošenjem materijala i sabiranjem prigodom đačkih ekskurzija.

Paleontološka zbirka sadržaje tipične primjerke iz svih geoloških doba, a novi se materijal neprestano sabire.

Zbirka aparata i učila sadržaje 1 veliki i 2 normalna moderna polarizaciona mikroskopa, potrebne manje polarizacijone instrumente, razne vrsti lupa, projekcioni aparat, 2 kompletna fotografska aparata za snimanje u terenu i institutu, kontaktne goniometre, velik broj modela (drvenih, sadrenih, staklenih, žičnih i papirnatih) za praktično učenje kristalografije, buzole, kladiva i drugi potrebni materijal za geološki rad na terenu te uređaj za brušenje kamenja i mikroskopskih preparata, pak potrebne risaće sprave za profiliranje u zavodu.

Biblioteka broji 300 svezaka najmodernijih udžbenika i djela za upotrebu slušača i zavodskog osoblja. Od periodičnih publikacija držano je prije 8 časopisa, no taj je broj morao biti zbog nedostatka sredstva vrlo umanjen tako, da danas drži zavod samo dva časopisa iz praktične mineralogije i geologije. Nekoje domaće časopise zavod dobiva besplatno od dotičnih institucija.

Uz biblioteku vrijedna je zbirka karata u mjerilu 1:75000 i u mjerilu 1:25000 iz svih naših krajeva. K tomu je u novije vrijeme pridošla i zbirka karata, što ih izdaje naš vojno-geografski institut. K tome pridolazi i zbirka geoloških karata iz Hrvatske i Slavonije kao i neke geološke karte iz Bosne. Zavod posjeduje i zbirku geoloških karata, što ju je izdao geološki zavod u Wienu, a nekoje od njih obsižu i naše teritorije. Broj svih karata iznosi oko 800.

Zavod je od svog postanka služio i naučnom radu osoblja, a podavao je i strukovna mišljenja državnim nadleštvima i privatnicima kad su se na nj obratili. Takovih mišljenja dao je zavod od svog postanka oko 100.

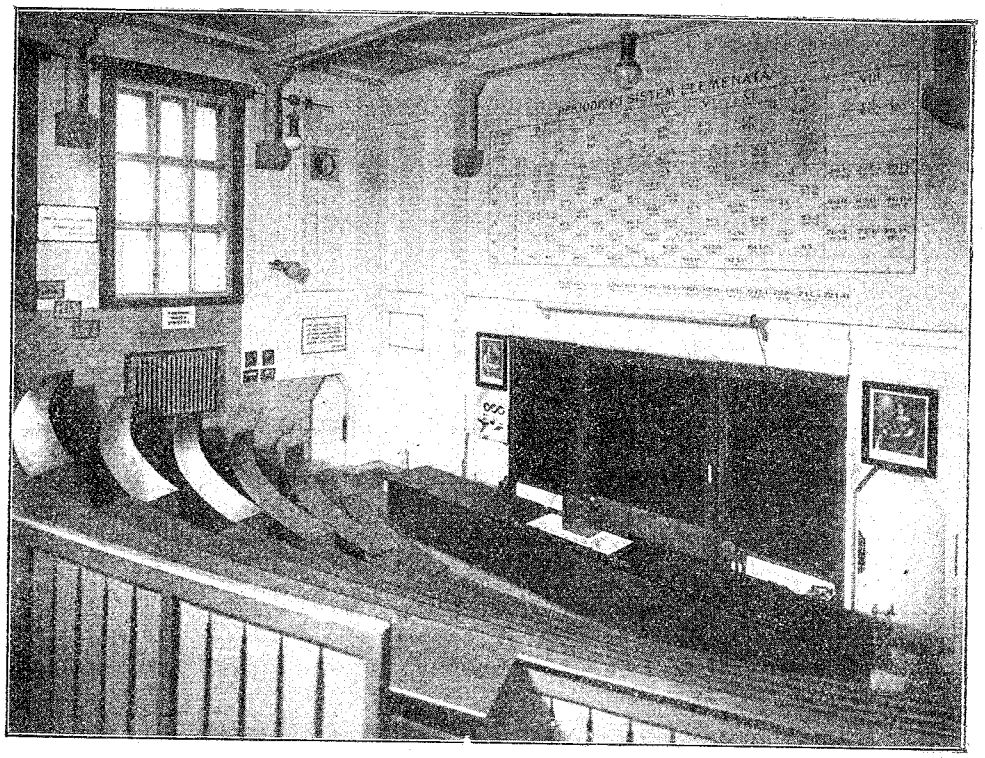
Prvih godina iza osnutka institut je radio lih na svojoj unutarnjoj organizaciji. Kraj toga radio je na naučnom polju vrlo živo. Uz geološko kartiranje u našim krškim krajevima u institutu je izrađeno mnogo naučnih radova naročito iz tektonike Jugoslavije. Tim problemima bavio se je ondašnji profesor i direktor instituta Koch Ferdo. Kasnije je, kad je upravu instituta preuzeo Šuklje dr. Fran, posvećena je pažnja stratigrafijskim problemima u našoj državi poglavito studiju tercijarnih naslaga, koje su baš u nas klasično razvijene. Rezultati tih istraživanja također su tekom godine publicirani. Radovi u jednom i drugom smjeru mnogo su doprinijeli geološkom poznavanju naših krajeva.

Stolica i zavod za anorgansku i analitičku hemiju.

Zadaća je ove stolice da uvede slušače u osnovne principe hemije uopće. Kod predavanja iz anorganske hemije treba da se slušači uvedu ne samo u principe anorganske hemije u užem smislu, već oni trebaju tom prilikom da upoznaju najglavnije zasade opće ili fizičke hemije. To se može postići samo onda ako slušači uz predavanja vide što više instruktivnih eksperimenata. To međutim nedostaje, već slušač treba sam da se

okuša u eksperimentiranju. U naravi stvari leži da se kod početnika to postizava najlaglje na taj način da se on postepeno uputi u principe anorganske analitičke hemije i to najpre kvalitativne a onda kvantitativne. Tako on ulazi postepeno ne samo u analitičku hemiju, već na osnovu vlastitih iskustava sakuplja mnoga detaljna znanja, čime njegovo teoretsko znanje dobiva tek pravo značenje. Osim analitičkih zadataka izrađuju slušači razne anorganske preparate, čime se njihovo znanje i umjenje još više upotpunjuju.

Zato je uz stolicu za anorgansku i analitičku hemiju osnovan g. 1919. i zavod sa svrhom, da unapređuje i usavršuje znanje slušača u analitičkoj



Velika predavaonica za hemiju.
Amphithéatre de chimie.

hemiji a i da služi naučnom radu predstojnika i ostalog zavodskog osoblja te da podaje juridičkim i privatnim licima mišljenja, koja zasjecaju u područje anorganske i analitičke hemije.

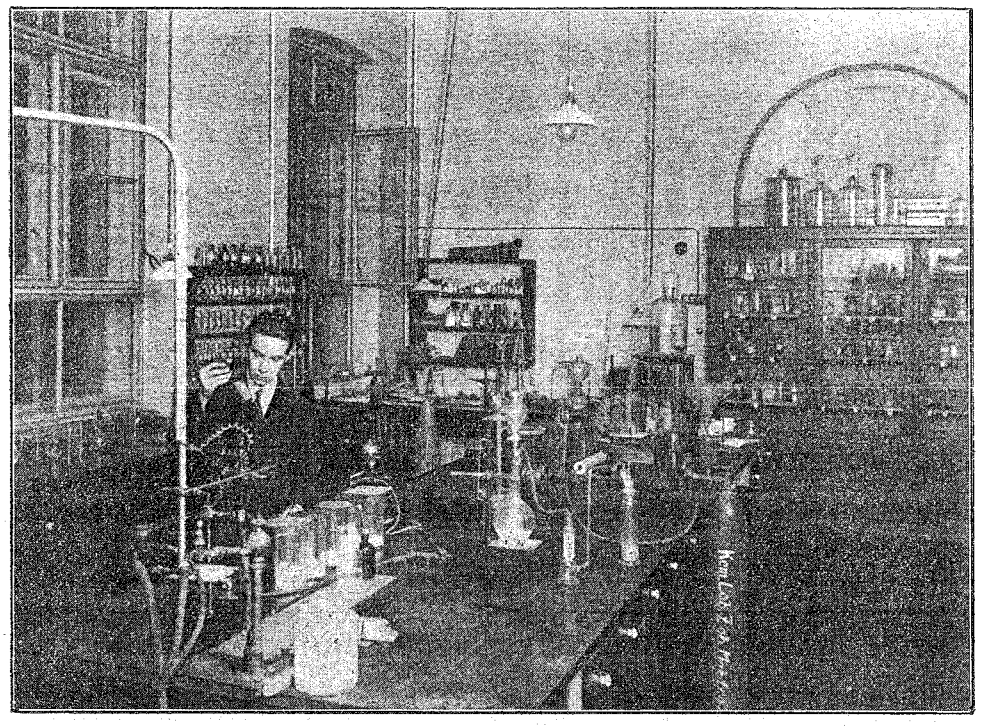
Zavod se nalazi u glavnom u južnom traktu prizemlja zgrade hemijskog instituta na Marulićevom trgu 20. Sastoji se iz dviju velikih radionica za đake sa osamdeset mjesta, koja bi se mogla proširiti na još dvadeset. Zatim ima dvije radionice za profesora i asistente, jednu sobu za profesora, jednu kancelariju, sobu za pripremu pokusa, veliku hemijsku predavaonicu, sobu za laboranta i slagalište za hemikalije.

U institutu se nalazi sva aparatura potrebna za anorgansku analitičku hemiju. Od glavnijih: sedam analitičkih vaga, jedna mikrovaga, platineno posuđe, električne peći, električni otpori, kompletna aparatura

za elektrolizu dovoljan broj staklenog porculanskog i ostalog posuđa kao i hemikalija.

Biblioteka broji oko 700 djela sa nekih 1000 svezaka. Časopisa ima preko šezdeset, većinom primljenih na dar od Jugoslovenskog Hemijskog Društva, koje ovo dobiva u zamjenu za svoje glasilo »Arhiv za hemiju i farmaciju«. U zavodu se nalaze ovi časopisi:

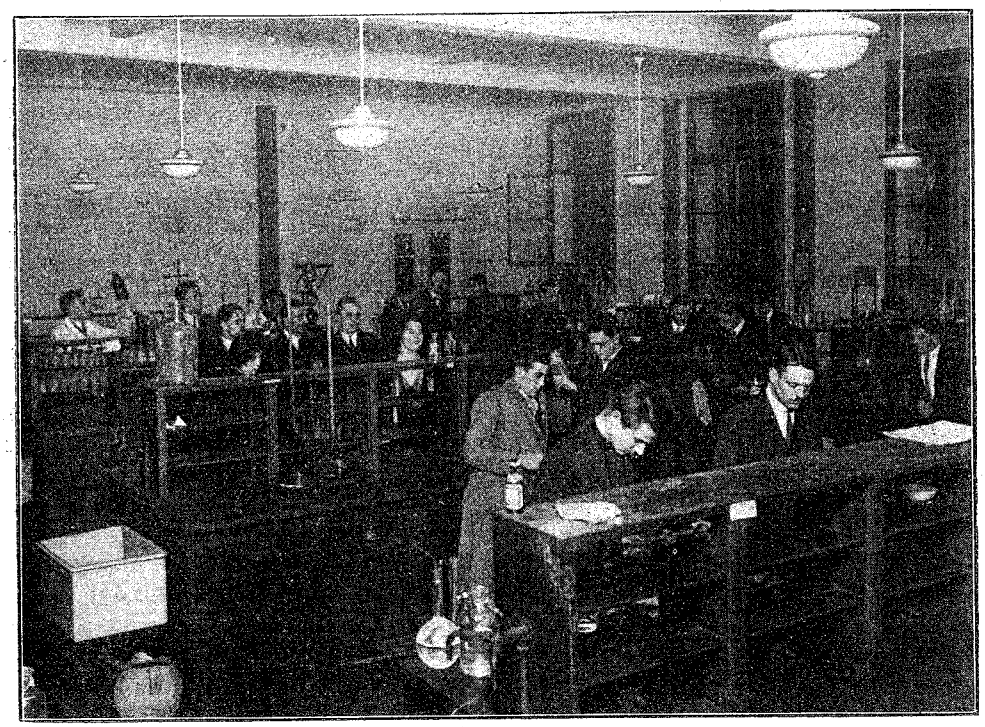
Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. — Journal für praktische Chemie. — Chemisches Zentralblatt. — Die Chemische Industrie. — Chemiker Zeitung (Beilage: Naturwissenschaftliche Umschau). — Zeitschrift für angewandte Chemie. — Zeitschrift für anorg. und allgemeine Chemie.



Zavod za analitičku hemiju. Soba za pripremanje eksperimenata.
Institut de chimie analytique. Salle pour les préparations des experiments.

— Helvetica Chimica Acta. — Zeitschrift für analytische Chemie. — Chemisch-Technische Übersicht. — Glasnik hrvatskog prirodoslovnog društva. — Glas apotekarstva. — Farmaceutski vjesnik. — Vjesnik ljekarnika. — Tehnički list. — Glasnik profesorskog društva. — Chimie et Industrie. — Mikrochemie. — Bulletin de la Société de Chimie Industrielle. — Bulletin de la Société Chimique de France Arhiv za Hemiju i Farmaciju. — Journal de Chimie physique. — Bulletin de la Société chimique de France. — Žurnal ruskago fiziko-himičeskago obščestva (pri Leningrad. Universitetu). — Plin-revija Jugoslov. plinara. — Priroda. — Izvješća (Acta Botanica) botaničkog zavoda u Zagrebu. — Nastavni vjesnik. — Rudarski i Topionički Vesnik. — Artileriski Glasnik. — Narodna Odbrana. — Universitetski Život. — Glasnik central. higijenskog zavoda. — Australian Science Abstracts. — The Chemical Technology-Kiriu Japan. — Pharmazeutische Berichte. — Chemické

Listy. — Collection des Travaux Chimiques de Tchécoslovaquie. — Himia i industrija. — Farmacevt. — Izvestia Instituta Fiziko-Himičeskogo Analiza. — Izvestia Saratovskogo Obščestva Estestvoispitatelei. — Izvestia Instituta po izučenii platini i drugih blagorodnii metalov. — Vesnik Voennii Znanii. — Spisy Vydavane Prirodoveckou Fakultou Masarykovy University. — Anales de la Asociation Quimica Argentina. — Anales de la Sociedad Cientifica Argentina. — Anales de la Real Sociedad Espanola de Fisica y Quimica. — Revista de la Facultad de Ciencias Quimicas (Quimica y Farmacia). — Journal of the Chemical Society. — The Journal of the American Chemical Society. — Natuurwetenschappelijk Tijdsckrift. —



Zavod za organsku hemiju. Đačka radionica.
Institut de chimie analytique. Laboratoire de travaux pratiques.

Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles. — Arkiv för Kemi, Mineralogi, och Geologi. — Epistmonik Epetris. — Roczniki Chemji. — Przemysl Chemiczny. — Buletinul de Chimie Pura si Aplicata. — Buletinul Societatei de Chimie din Romania. — Bulletin de la Société Chimique de Belgique.

Asistentsku službu obavljali su u zavodu:

Šolaja dr. Bogdan (sada redov. profesor gospodar.-šumarskog fakulteta u Zagrebu). Mudrovčić dr. Mate (sada gimnazij. profesor u Zagrebu). Medaković dr. Dane (sada profesor realne gimnazije u Zagrebu). Flumiani dr. Gilberto (sada vanredni profesor filozof. fakulteta u Zagrebu). Majdel ing. Ignacij (sada vanredni profesor tehničkog fakulteta u Ljubljani). Horvatić ing. Mirko (sada hemičar u grad. plinari u Zagrebu). Antić ing. Vinko (sada hemičar u

šećerani u Osijeku). Marjanović dr. Vjera (sadašnji asistent zavoda). Brčić ing. Branko (sada hemičar u hem. fabrici u Dolu pri Ljubljani). Orlić ing. Svetislav (sada hemičar u higijenskom zavodu u Novom Sadu). Lukjanov ing. Arkadije (sada hemičar u tvornici Kaštel-Zagreb). Kriljenko ing. Nikolaj (sada u Peru-u u Južnoj Americi). Boranić ing. Vilim (sada kod Standard Oil Company u Brodu). Božić ing. Branko (sada na specijalizaciji na teh. vis. školi u Aachenu). Paić ing. Mladen (sada na specijalizaciji na Sorbonni u Parizu).

Dosada je prošlo kroz institut oko 360 praktikanata od toga je sve propisane vežbe svršilo njih 165.

U zavodu je dosada izrađeno oko dvadeset diplomskih radova, čiji su rezultati djelomično upotrebljeni u zavodskim publikacijama.

V. Njegovan u nizu radova obrazlaže svoje naziranje, da t. zv. konstanta entropije uopće nije apsolutna konstanta, ona je neka funkcija, koja kod prelaza na energetsku jednadžbu ostaje kao energija, koja može da ima svoj izvor samo u untrašnjosti samog sistema.

B. Šolaja pokazao je u svojem doktorskom radu, da se amonijakati žive mogu upotrebiti za kvantitativno dokazivanje željeza, aluminiuma i rastavljanje od mangana.

V. Marjanovićeva je pokazala u svojoj doktorskoj disertaciji, da se sulfat-ion može najtačnije odrediti, ako se iz maksimalne koncentracije taloži sa zasićenom rastopinom bariumhlorida.

Iz instituta je publikovano uz nekih 15 originalnih radova većinom u stranim časopisima, još osam raznih što brošura što udžbenika i niz popularnih članaka.

U institutu je sjedište Jugoslovenskog hemijskog društva i redakcija Arhiva za Hemiju i Farmaciju.

Upravo se u J. H. Društvu i u Arhivu ogleda rad hem. inž. odjela Tehničkog Fakulteta, tako da izvještaji o radu pojedinih hemijskih institute mogu biti razmjerno kratki i služe tek kao nadopuna onoga što je iznešeno u Arhivu.

Stolica i zavod za organsku hemiju.

Organska hemija luči se od anorganske hemije ne iz principijelnih već samo iz razloga shodnosti. Ona se bavi samo sa ugljičnim spojevima (izuzev karbonate i karbide), kojih imade do danas preko 200.000.

Svrha organske hemije je dvojaka: naučna i praktična.

Naučna se bavi otkrivanjem konstitucije i strukture prirodnih i umjetnih spojeva, te proučavanjem konstitucije i strukture prirodnih i umjetnih spojeva proučavanjem funkcija pojedinih atoma i atomskih grupa u molekulu kao i pronalaskom sintetskih metoda. Dočim praktična strana organske hemije ide zatim, da se pronađu i proizvedu shodni spojevi, koji bi služili čovjeku za njegove raznolike potrebe života.

Obe svrhe postizavaju se samo temeljitim i intenzivnim eksperimentalnim proučavanjem — uz potreban logičan duševni rad — bilo prirodnih ili umjetnih organskih supstanca.

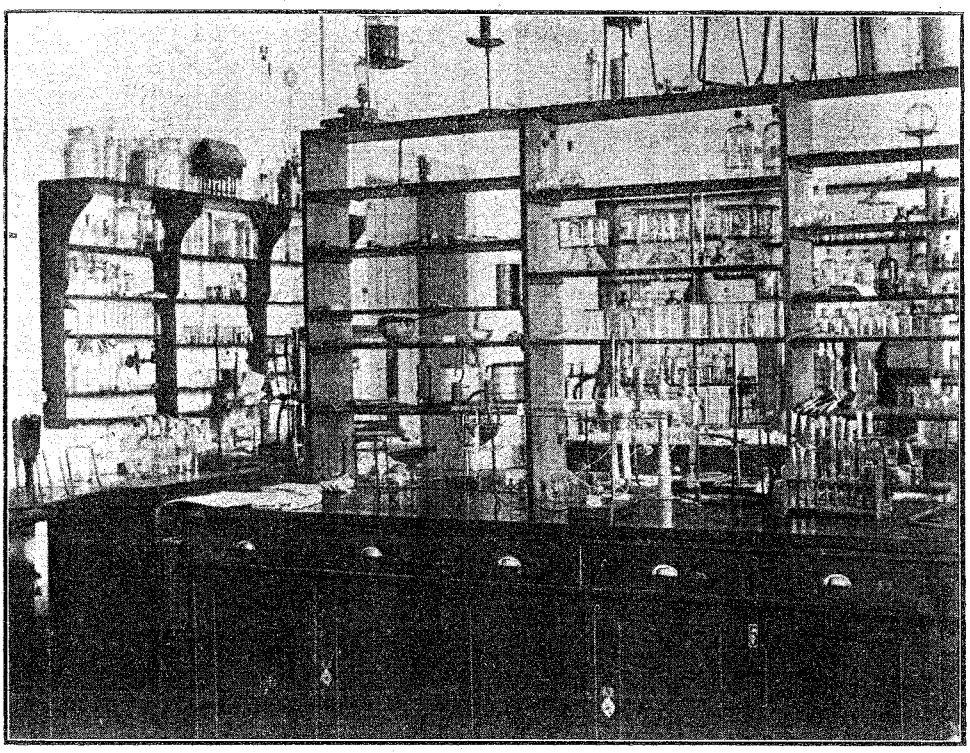
Dok je stolica za organsku hemiju osnovana odmah prve godine, to je zavod bio do 1. oktobra 1922. sastavni dio laboratorija za analitičku hemiju, dok nije god. 1922. naredbom Pokrajinske uprave, odjela za prosvjetu i vjere postao samostalan zavod.

Od tada pa do danas djelovalo je u tom zavodu uz prof. Mareka Ivana još i pet asistenata, i to: gg. Živanović Joco (1922/23.), Simić ing. Ivan (1924/25.), Krajčinović dr. ing. Matija (1925.—1929.), Zaharjin ing. Nikolaj (1926/27.) i Zaljesov ing. Georgij (1927.—1929.).

U đačkom laboratoriju obavilo je do sada svoje organske preparativne vježbe 117 studenata hemijsko-inženjerskog odjela.

Radove za stručni diplomski ispit hemijsko-inženjerskog odjela izradilo je u tom laboratoriju 15 kandidata.

Iz državnih dotacija nabavljena je stručna literatura, razno pokućstvo, radni stolovi (sa 22 radna mjesta) sa potrebnim inventarom, elek-



Zavod za organsku hemiju. Radionica profesora.
Institut de chimie organique. Laboratoire du professeur.

trični, plinski i vodovodni uređaj i t. d., u ukupnoj vrijednosti od 250.000 Dinara.

Iz unišlih taksa od strane đaka pokrivali su se ponajviše troškovi za reagencije i za manji laboratorijski pribor.

Na dar dobio je ovaj laboratorij:

a) od gg. Kiseljaka prof. dr. M.: Chemisches Laboratorium od K. Stammer 1856. i Leçon de Chimie od Riche-a 1864.; Schwarza dr. ing. M.: Der Nachweis organ. Verbindungen od R. Rosenthalera. Wexberga ing.: Die Katalyse in der organ. Chemie od Sabatier-Häubbera.

b) od tvrdki: »Danica« komprimiranoga kisika; Gutman uzorke produkata suhe destilacije drva i neke hemikalije, koje ta tvrdka

proizvodi; »Kaštel« i »Kemika« kolekciju uzoraka preparata svojih tvornica; »Badische Anilin und Soda-Fabrik« kolekciju raznih katranskih boja; »Société Anonyme des Produits Tannants-Sisak« uzorke svojih taninskih produkata.

Priručna knjižnica imade inventar od 130 djela.

Stvarni inventar imade 201 broj.

U zavodu je do sada izrađeno nekih dvadeset diplomskih radova, čiji su rezultati upotrebljeni djelomice u zavodskim publikacijama.

U spomenutom laboratoriju konstruiran je i izrađen zadnji model aparata prof. Mareka za određivanje ugljika i vodika, nadalje aparat

Zavod za analitičku hemiju. Đačka radionica.
Institut de chimie organique industrielle. Laboratoire de travaux pratiques.

za određivanje halogenih elemenata i sumpora, te aparat za određivanje azota po Dumas-u. Svi ovi aparati uređeni su za grijanje sa električnom strujom.

G. Krajčinović dr. ing. M. izradio je u ovom laboratoriju svoje radove o djelovanju hlorsulfonske kiseline na acetilhlorid.

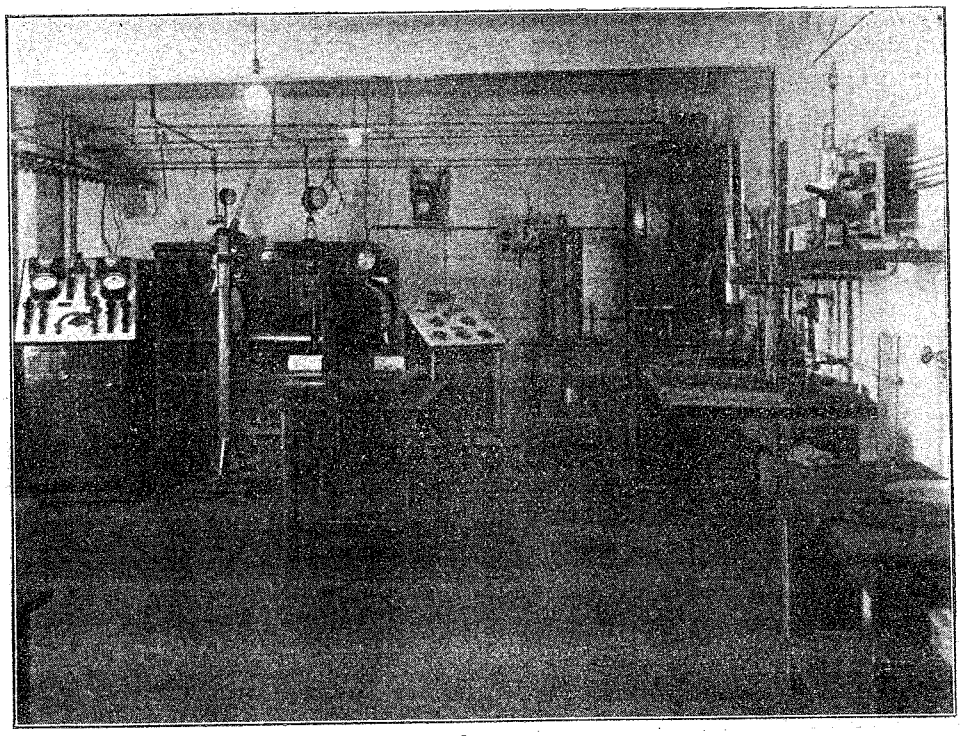
Đački laboratorij za Organsku preparativnu hemiju služi ujedno đacima i za vježbe iz Organske hemijske tehnologije III. i IV. te iz Hemije životnih namirnica.

Stolica i zavod za fiziku i fizičku hemiju.

Fizika, kao nauka koja je osnov svim ekzaktnim prirodnim naukama i svim granama današnje moderne tehnike, predaje se u zavodu za fiziku i fizičku hemiju za slušače svih odjela tehničkog fakulteta u prva

dva semestra. Kako bi slušači što bolje upoznali temeljne fizikalne zakone ta su predavanja popraćena mnogim pokusima, pa na taj način dopunjuju i proširuju ono znanje, koje su slušači stekli u srednjoj školi. Osim toga polaze slušači praktične vježbe, gdje se upoznavaju s najvažnijim aparatima i metodama mjerenja raznih fizičkih konstanta, koje će u kasnijoj praksi trebati. Za slušače hemije predavanja iz fizike i fizičke vježbe su uvod u fizičku hemiju, koja je danas važni sastavni dio hemijske nauke uopće.

Fizička hemija istražuje ona područja hemije i fizike, koja su tim obim naukama zajednička, pa je zbog toga dala hemiji sasvim eksaktnu



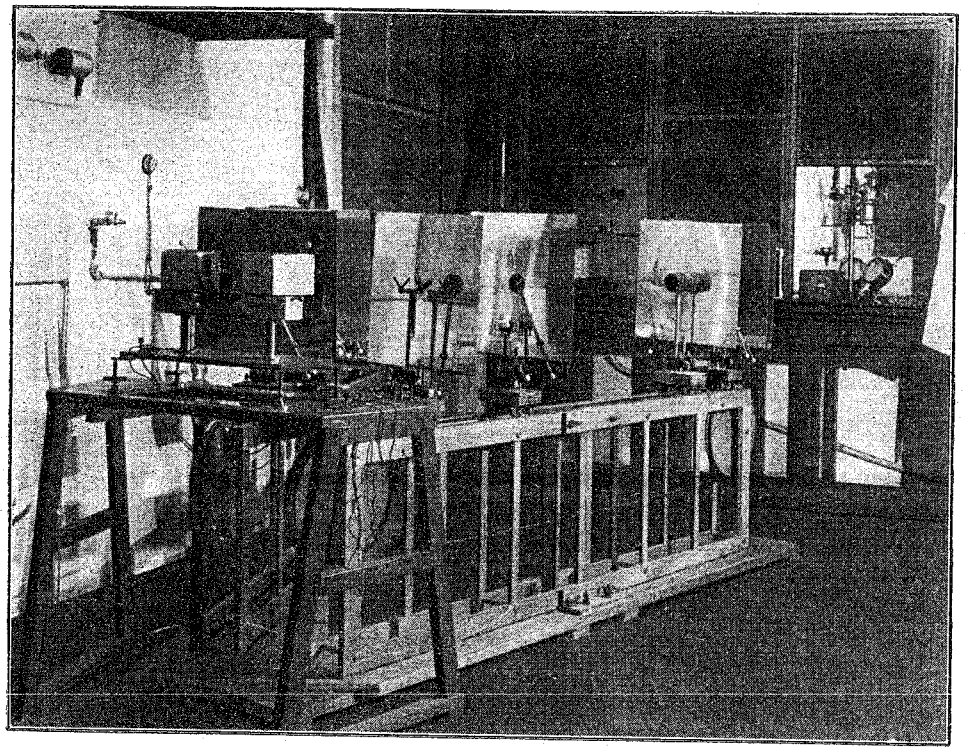
Zavod za fiziku i fizičku hemiju. Elektro-odjeljenje.
Institut de physique et de chimie physique. Laboratoire d'électricité.

naučnu podlogu. Nema gotovo ni jedne hemijske industrije, koja bi mogla danas raditi bez poznavanja fizičke hemije. Dovoljno je spomenuti primjenu katalize u praksi, elektrohemiju, fotohemiju i fotografiju, koje su sve nauke od najveće važnosti kod praktične primjene. Mnoge moderne metode liječenja, kao na pr. liječenje djelovanjem svjetlosti, fiziološka i biološka istraživanja, itd. osnivaju se također na pojavama i zakonima, koja istražuje i proučava fizička hemija. Predavanja iz fizičke hemije polaze slušači u drugoj godini, a praktičke vježbe u trećoj godini.

Zavod je počeo raditi u listopadu god. 1920. kad je bio imenovan profesorom i predstojnikom zavoda profesor istih disciplina P l o t n i k o v dr. I v a n, pa su bili naručeni aparati i odmah se počelo s organizacijom zavoda i s pripremama za predavanja iz eksperimentalne fizike i eksperimentalne fizičke hemije. Kad je god. 1923. zavod dobio prosto-

rije u hemijskoj zgradi na Marulićevom trgu, gdje se i danas nalazi, počelo se korak po korak sistematski izgrađivati zavod. U prvom je redu nabavljen najpotrebniji alat za mehaničku radionicu, rotirajući pretvarač trofazne izmjenične struje u istosmjernu struju s trajnim opterećenjem od 22 KW. Redom su uređeni različni odjeli zavoda na tavanu, u I. katu i u podrumu zgrade.

U podrumu se nalazi električni odio, gdje je smješten pretvarač struje, uređaj za struje velike napetosti i velike frekvencije. U tu svrhu služi jaki induktor s maksimalnom duljinom iskre od 60 cm i veliki Teslin transformator. U istoj je prostoriji smještena aparatura za



Zavod za fiziku i fizičku hemiju. Universalni fotometar po Plotnikovu.
Institut de physique et de chimie physique. Photomètre universal d'après Plotnikov.

Röntgenove zrake s maksimalnom napetošću od 160 KW i sa maksimalnim opterećenjem od 10 mA. Zavod posjeduje dvije Coolidge-cijevi za tvrde i meke Röntgenove zrake. Tu je aparaturu poklonio zavodu zagrebački oblasni odbor i zakladna bolnica u Zagrebu. Osim toga nalazi se u toj prostoriji i uređaj za visoki vakuum, te fotometar za tehničko fotometriranje električnih žarulja.

Prema tome mogu se u toj prostoriji izvesti pokusi s jakim strujama (do 250 ampera istosmjerne struje i 150 ampera izmjenične struje) s visokim temperaturama, visokim vakuumom, pokusi o elektronskim pojavama i fotohemijske reakcije upotrebom Röntgenovih zraka, pojave kod izbijanja elektricitete visoke napetosti i frekvencije, katodo-hemijski procesi i t. d. Ovaj elektro-odio nadzire zavodski pristav prof. Šplait.

Kraj te prostorije nalazi se u podrumu također i mehanička radiona s transmisijom i električnim pogonom. U radioni namješteni su najpotrebniji strojevi, kao na pr. mehaničarska tokarnica, stroj za bušenje kovina, stroj za poliranje i t. d. Kao zavodski mehaničar namješten je F u m i ć A. U toj su radioni izrađeni različiti novi aparati kao na pr. reostat u obliku stola s maksimalnim opterećenjem do 200 ampera, isti takav do opterećenja sa 100 ampera i dva prenosiva manja reostata do opterećenja s 50 ampera, aparat za tehničku elektrolizu, sušnica, preša za pastilje i t. d.

U I. katu smješten je praktikum iz fizičke hemije i jedan dio fizičkog praktikuma, gdje se izrađuju slijedeće vježbe: određivanje vodljivosti raznih elektrolita kod konstatne temperature, Hittorff-ov prenosni broj, određivanje elektromotorne sile različnih galvanskih elemenata po metodi i ona s vodikovom elektrodom i kinhidronovom elektrodom, određivanje korisnog efekta kod tehničke elektrolize, mjerenje brzine reakcije kod različitih konstantnih temperatura, određivanje koeficijenta adsorpcije, određivanje molekularne težine po Beckmannu i Viktor Mayeru, određivanje kaloričke vrijednosti različnih supstancija s preciznim kalorimetrom, mjerenje probojne čvrstoće ulja za transformatore. Osim toga mjere slušači u fizičkom i fizičko-hemijskom praktikumu specifičnu težinu aerometrom, hidrostatskom vagom i piknometrom, viskozitet različnih ulja i drugih tekućina, otpore metalnih vodića i električnih žarulja i t. d.

Taj je odio bio prvo vrijeme pod nadzorom F l u m i a n i j a dr. G., koji je sada profesor hemije na filozofskom fakultetu, a danas je pod nadzorom zavodskog asistenta W e b e r a dr. K a r l a. Prof. F l u m i a n i izradio je ovdje niz radova koloidno-hemijskog karaktera.

Nadalje se nalazi u prvom katu i profesorov laboratorij, gdje je smješten uređaj s kremenim svjetiljkama (horizontalnom i vertikalnom), aparatura za istraživanje fotohemijskih reakcija kod svjetlosti jake lučne svjetiljke i u ultraljubičastom svjetlu, kremene svjetiljke, termofotometar po konstrukciji prof. P l o t n i k o v a za mjerenje energije sijanja različnih duljina vala, aparatura za mjerenje intenziteta svjetlosti fluorescencije. Ovdje se nalazi i zbirka kvantitativnih staklenih filtera za svjetlost, koje je zavodu poklonila tvrtka S c h o t t & Gen Jena i S e n d l i n g e r optische Glaswerke Berlin. U tom su laboratoriju otkrite pojave fotohemijske apsorpcije, konstruiran je novi termofotometar, nađena je nova metoda za proučavanje pojava u ultraljubičastom svjetlu kod fotohemijskih i terapskih istraživanja, i t. d.

Kraj te sobe nalazi se radna soba profesora, u kojoj je smještena i zavodska biblioteka. U biblioteci nalaze se ovi časopisi: Zeitschrift für Physik, Zeitschrift für technische Physik, Physikalische Zeitschrift, Indian Journal of Physics, Sprawozdania i prace polskiego towarystva fizicznego u Warszawi, Bureau of Standards Journal of Research, Scientific papers of the bureau of Standards, Journal de chimie physique, Transactions of the Faraday Society, Physikalische Berichte, Zeitschrift für Physikalische Chemie, Zeitschrift für Elektrochemie, Chemisches Zentralblatt, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Transactions of the American Electrochemical Society, Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie, Filmtechnik, Arhiv za hemiju i farmaciju, Forschungen und Fortschritte, Ljekarnički vjesnik, Priroda, Glasnik Hrv. prirodoslovnog društva, Photographische Korrespondenz i Eders Jahrbuch der Photographie.

Od posljednja dva časopisa ima zavod sva godišta, a dobio ih je osobitom naklonošću i prijateljstvom prof. dr. Edera, koji ih je otstupio zavodu uz vrlo nisku cijenu iz svoje privatne biblioteke. Neke od tih časopisa prima zavod besplatno.

Osim toga ima zavod sve najvažnije knjige i udžbenike, kao na pr. Handbuch der Anorganischen Chemie od Abegga, Handbuch der Spektroskopie od Kaysera, Handbuch der Physik, Handbuch der Experimentalphysik i t. d. Cijela biblioteka zavoda ima 160 djela u 543 sveska.

U prvom katu uz zavod nalazi se za predavanja iz fizike i fizičke hemije, i mala predavaona, koja na žalost nije još potpuno uređena za eksperimentalna predavanja.

Na tavanu nalazi se soba za praktikum, gdje se izrađuju optičke vježbe: određivanje koeficijenta loma s Abbéovim refraktometrom, kolometrijsko određivanje koncentracije rastopina s Donnanovim kolorimetrom, određivanje zacrnjenja fotografske ploče i apsorpcije svjetlosti različnih vrsti papira s Krüssovim polarizacijonim fotometrom, određivanje koncentracije rastopine šećera i brzina inverzije saharoze s polarimetrom. U toj je prostoriji smješten također termostat prof. Plotnikova za istraživanje fotohemijskih reakcija kod konstantne temperature i konstantnog intenziteta svjetlosti. Ta prostorija služi osim toga za opće hemijske radove, u njoj izrađuju redovno svoje radove diplomanti i disertanti.

Kraj te sobe nalazi se soba s aparatima za precizna optička mjerenja. Ovdje je smješten veliki Görzov polarimetar, spektralni fotometar po König-Martens-Grünbaumu, Ultra mikroskop od C. Zeiss, Jena, Veliki kvarc-spektrograf od Hilgera, London i fluorometar prema konstrukciji prof. Plotnikova.

U vezi s ovim prostorijama je velika terasa sa željeznim stolovima sa staklenim pločama, a u sredini je montiran aparat prof. Plotnikova za rotaciju, gdje se može u isto vrijeme izložiti djelovanju sunčane svjetlosti 60 ampula, u kojima se zbivaju različne fotohemijske reakcije. Na toj se terasi mjeri također intenzitet sunčane svjetlosti s fotometrom od Schmidt & Hänscha sa sektorom. U tim su prostorijama izvedena mnoga istraživanja o fotohemijskim reakcijama, o apsorpciji svjetlosti, fluorescenciji i t. d., kao diplomske i doktorske radnje. Kad nastanu bolje ekonomske prilike, uredit će se i druga terasa za mjerenje energije sunca s fotometrom, koji je konstruirao prof. Plotnikov.

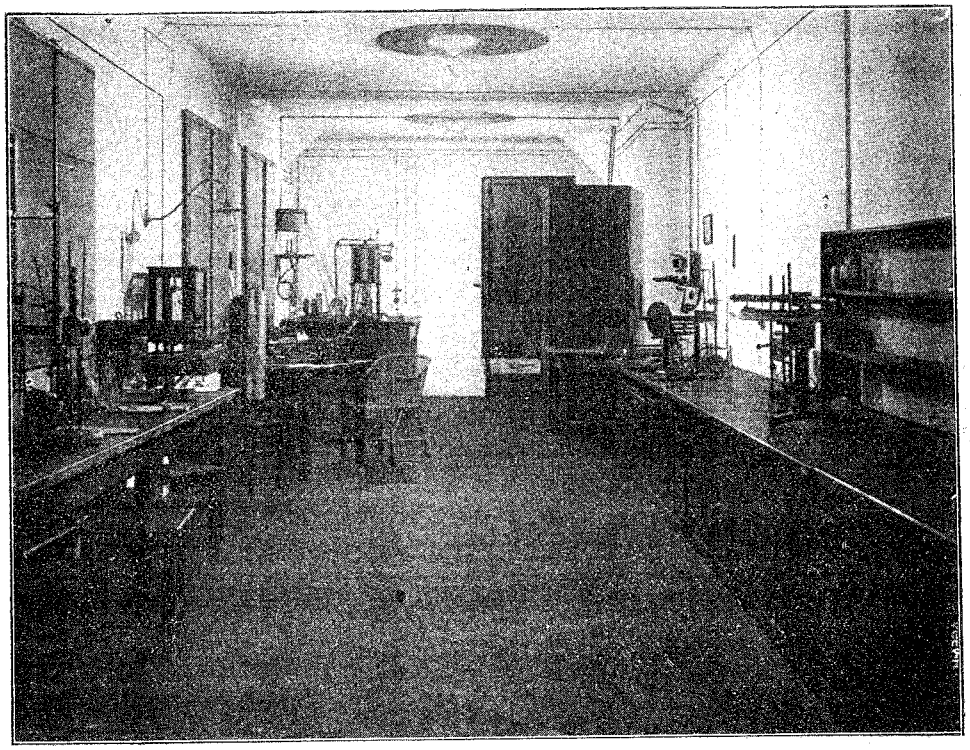
Uz te prostorije nalazi se na tavanu također tamna fotografska soba, koja služi za potrebe naučnog istraživanja u zavodu i za fotografski praktikum, koji polaze slušači svaki ljetni semestar. Osim toga izvode se ovdje oni pokusi, kod kojih je potrebna potpuno tamna soba. Tako je ovdje otkrita metoda silhuetne fotografije (slične Röntgenovoj) s pomoću toplinskih zraka, upotrebom Kodakovih osjetljivih fotografskih ploča.

Normalni rad i napredak u zavodu bio je moguć samo zato, jer su s jedne strane mnoge tvrtke i privatnici pomogli zavodu poklonom aparata, novčanih sredstava i velikim popustima kod različnih nabava i izvedenih radnja. Među njima treba napose spomenuti: F. Köhler, Leipzig, Gradska munjara u Zagrebu, Savez industrijalaca u Zagrebu, Danica d. d. u Koprivnici, Komanda vazduhoplovstva u Petrovaradinu, A. Res u Zagrebu, Schott & Gen u Jeni, Sendlinger optische Glaswerke u Berlinu, prof. Eder u Wienu i mnoge druge, koji su se s manjim po-

klonima sjetili zavoda. Svim tim dobročiniteljima treba da zavod na ovom mjestu izrazi svoju zahvalu.

Isto tako je i naša idealna omladina svojim požrtvovnim radom mnogo doprinjela tome, da su prostorije instituta bile brzo uređene a s vrlo malim troškom, pa je tako bilo moguće, da su praktične vježbe u zavodu mogle početi kratko vrijeme nakon toga, što su zavodu bile dodijeljene prostorije.

Ekonomsko stanje zavoda nije baš najbolje, jer normalna godišnja državna dotacija od 25.000 Din. u posljednje tri godine dosiže jedva za nabavu potrebnih časopisa i knjiga. Redovni rad u zavodu uzdržava se cijelo vrijeme od kako zavod postoji, od đačkih prinosa. Kroz svih devet



Zavod za fiziku i fizičku hemiju. Foto-odjeljenje.

Institut de physique et de chimie physique. Laboratoire de photochimie.

godina dobio je zavod u ime državne dotacije samo Din. 125.000. U prvo vrijeme kod osnivanja zavoda podijelila je Pokrajinska uprava za Hrvatsku i Slavoniju iz svojih rezerva svotu od 135.000 Din. za nabavku prvih najpotrebnijih aparata. Od vojnog ministarstva dobio je zavod pripomoć od 82.000 Din. Đački prinosi zajedno s poklonima privatnika iznose oko 250.000 Din. U cijelosti bila je dakle za uređenje instituta potrebna svota svega oko Din. 592.000.

Ako bi danas trebalo urediti zavod i nabaviti cijeli inventar možemo procijeniti, da bi trebalo investirati nekoliko milijuna dinara. Zavod je bilo moguće urediti s tako malo troškova samo velikom požrtvovnošću osoblja i slušača, proizvodnjom aparata u vlastitoj radioni i susretljivošću prije spomenutih tvrtka i pojedinaca.

U fizičkom praktikumu radi prosječno 150 slušača na semestar, a u fizičko hemijskom oko 30 osoba i fotografskom oko 15 u ljetnom semestru. S dva asistenta ne bi bilo moguće voditi vježbe, pripremati predavanja iz eksperimentalne fizike i fizičke hemije, voditi brigu o inventaru i biblioteci, da se svake godine ne javlja nekoliko slušača, koji kao dobrovoljni asistenti pomažu kod rada u praktikumu i kod predavanja. Od kako postoji zavod djelovali su kao takovi dobrovoljni asistenti ovi slušači, od kojih su danas već mnogi stupili u praksu kao inženjeri: Brčić, Dattler, dr. Drechsler, Fertilio, Hercezi, Karschulin, Kockar, Kostjejev, Mautner, Nikšić, Ossko, Pavičić, Pilar, Plenar, M. Plotnikov, Rechnitzer, Rovnij, Steiner, Težak, Trinaistić i Würth. Tom prilikom ne smijemo zaboraviti Horvata Andriju jedinog laboranta zavoda, koji ujedno obavlja i poslove podvornika cijeli niz godina, a da još uvijek nije stalan u službi.

U zavodu je do sada izrađeno oko 40 diplomskih radova, čiji su rezultati upotrebljeni djelomice kod zavodskih publikacija. U zavodu izrađene su osim toga sada dvije doktorske disertacije: Schwarz Miroslav: O fotohemijskoj oksidaciji metilnog i etilnog alkohola s kalijevim bikromatom. Drechsler Josip: O spektrima apsorpcije željeznog penta-kabonila.

Osoblje instituta održalo je mnogo predavanja u Pučkom sveučilištu iz različitih prirodnih nauka. S osnutkom zavoda uvedena je nova institucija: Fizičko-hemijski kolokvij, koji je sastavni dio zavoda, a djeluje javno i ima svrhu, da upozna mladež i širu javnost, koja se zanima za prirodne nauke, s radom u zavodu i da usavrši svoje znanje debatom i diskusijom, koja se vodi nakon svakog predavanja.

Osim toga iznašaju se na kolokviju najnovija istraživanja na području fizike i fizičke hemije. Do sada održana su 63 sastanka, koji se obavljaju zajedno s fizikalno-hemijskom sekcijom Hrvatskog prirodoslovnog društva. Na tim sastancima održano je oko 150 predavanja i referata.

Konačno treba spomenuti, da su predstojnik zavoda i njegovi pomoćnici publikovali od osnutka zavoda god. 1920. do konca 1929. oko 70 radova većinom u stranim časopisima.

Zavod za anorgansku hemijsku tehnologiju i metalurgiju.

O važnosti hemijske tehnologije i metalurgije kao predmeta hemijsko-tehničke nastave izlišno je dakako izgubiti i jednu riječ. Sva težina zadaće, da od mladog hemičara s fragmentarnim znanjem ostalih tehničkih predmeta, učini inženjera-tehničara leži na tehnološkim zavodima i tehnološkim profesorskim stolicama, a u prvom redu na zavodu i profesorskoj stolici za hemijsku tehnologiju i metalurgiju, jer je ovom zavodu i stolici zadaća da studenta nevičnog tehničkom mišljenju prva uvede u način inženjerskog tretiranja tehničkih problema.

Nastava iz hemijske tehnologije i metalurgije sastoji u suštini u prikazivanju i vježbanju primjene teorijskih disciplina, koje je student učio u prve dvije godine svog studija, na tehničku praksu. Kod predavanja se ta svrha postizava prikazom raznih hemijskih i metalurških industrija i načina na koji razne industrije rješavaju svoje probleme. Kod vježbi u

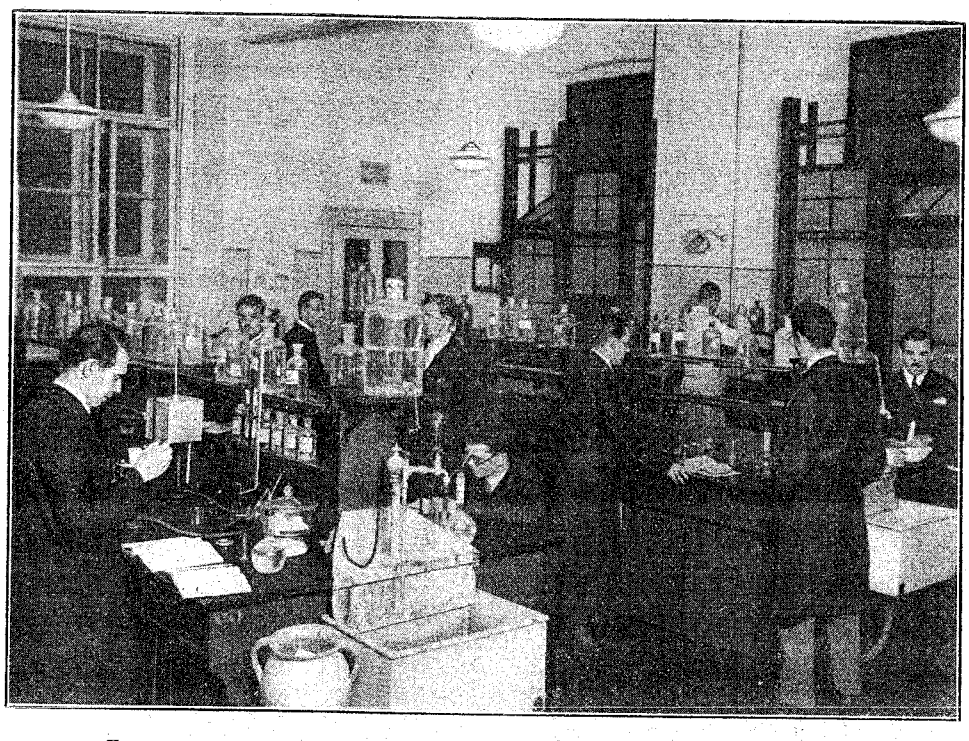
laboratoriju treba da student sam tu primjenu teorijskih disciplina na praksu provodi i da se time privikne i nauči tehničkom načinu mišljenja. Kad su sretstva raspoloživa za đački praktikum malena — bilo da je dotacija sama po sebi nedovoljna, bilo da je treba utrošiti u glavnom na najjednostavnije instalacije, kako se to dešava uvijek u prvim godinama opstanka laboratorija — onda se te vježbe sastoje gotovo samo iz hemijsko-tehničke analize, jer za ovu treba razmjerno malo aparature. Svrha vježbama iz tehničke analize je u jednu ruku ta, da se slušač nauči i izvježba u upotrebi teorijske analitičke hemije za praktične potrebe, a u drugu ruku se ga prinukava da se analizirajući surovine i produkte hemijske i metalurške industrije informira o zahtjevima, koje se u pogledu njih postavlja i o načinu na koji praksa tim zahtjevima udovoljuje.

Zavod za anorg. hem. tehnologiju i metalurgiju. Radionica za asistente.
Institut de chimie minérale industrielle et de métallurgie. Laboratoire des assistants.

I ako se dakle vježbama iz tehničke analize može i djelomično postignuti napred istaknutu svrhu, treba ipak uvidjeti da je takva praktična nastava krnja, jer se studenti vježbaju samo u primjeni jedne jedine (i ako veoma važne) teorijske discipline — analitičke hemije — na praksu. Stoga se u zavodu za anorgansku hemijsku tehnologiju nastoji što dalje to više proširivati praktikum u tehnološkom pravcu. Student bi trebao da se u laboratoriju s aparaturom, koja bi tako reći pretstavljala shematski prikaz industrijske aparature, vježba u rješavanju tehnoloških problema pomoću s v i h teorijskih disciplina koje je u ranijim godinama učio. Taj način praktične nastave iz tehnologije jedini je ispravni pod uslovima moderne tehnike, ali iziskuje veće troškove za tako uređeni laboratorij. Te se troškove ne bi smjelo ni u kojem slučaju žaliti, jer se

tu radi prosto o pitanju hoće li zagrebački tehnički fakultet izobražavati inženjere-hemičare, koji će odgovarati zahtjevima suvremene tehničke prakse — ili ne će. Nažalost sredstva, koja se stavljaju zavodu na raspolaganje bivaju sve to manja, tako da se program proširenja praktikuma može samo polagano i minimalnim dijelom ostvariti.

Zavod osnovao je početkom 1922. godine prof. Hanaman dr. Franjo sa zadaćom da služi nastavi slušača iz anorganske hemijske tehnologije i metalurgije i unapređenju ovih struka naučnim istraživanjem. Osim toga daje zavod stručna mišljenja s područja koja zasijecaju u anorgansko-hemijsku tehnologiju i metalurgiju.



Zavod za anorg. hemijsku tehnologiju i metalurgiju. Đačka radionica.
Institut de chimie minérale industrielle et de métallurgie. Laboratoire de travaux pratiques.

Zavod je smješten u prvome katu zgrade hemijskog instituta na Marulićevom trgu 20. Sastoji se iz jedne velike đačke radionice sa 20 radnih mjesta s nusprostorijom za digestore (smradnicom) i sa potrebnom instalacijom i namještajem za obavljanje vježbi iz hemijsko-tehničke analize, dalje iz radionice za asistente, sobe u kojoj se nalaze vage za asistente, pa biblioteka, kalorimetar i dr., sobe za električne peći i za analizu goriva, tamne izbe za fotografski rad, vagaonice za praktikante, prostorije za brušenje i travljenje metalografskih proba, sobe za mikroskope, sobe za zbirku i pripremu pokusa, te radionice i kancelarije predstojnika. U podrumu iste zgrade nalaze se mehanička radionica, keramička radionica sa gasnim i petrolejskim pećima, pa slagalište za kiseline.

Za poduku iz hemijske tehnologije i metalurgije služi priručna zbirka učila, tehničkih nacrta, zbirka surovina i produkata anorgansko-hemijske i metalurške industrije.

Osim potrebnog uređaja za hemijsko-tehničku analizu i sličan rad (osam vaga, kalorimetri za čvrsta i gasovita goriva, uređaj za elektrolizu, električne peći, platinsko posuđe, aparati za analizu gasova i t. d.) — ima zavod uređaj za metalografski rad, t. j. jednu veliku električnu peć sa grijanjem platinskim otporom, aparate za brušenje i poliranje metalografskih proba, veliki metalni mikroskop tt. Reichert, Wien, i dr.

Mehanička radionica sadrži sto za tokarenje, mehaničku pilu, mali stroj za struganje i ostali razni alat. Njome upravlja poslovođa zavoda gospodin Prudek Karel. Ova radionica služi u stvari ne samo zavodu kojemu pripada, već i ostalim zavodima zagrebačkog Universiteta za pravljenje i popravljanje aparata i učila.

U priručnoj knjižici zavoda ima oko 600 djela u neko 700 svezaka. Od časopisa prima zavod ove (djelomično prepuštene od Jugoslovenskog Hemijskog Društva, koje ih prima u zamenu za svoje glasilo »Arhiv za Hemiju i Farmaciju«): Stahl und Eisen (od 1913 g.); Zeitschrift für Metallkunde (od 1920 g.); Chemiker-Zeitung (od 1927 g.); Tehnički list (od 1919 g.); Zeitschrift für angewandte Chemie (od 1926. g.); Chemische Fabrik (od 1928. g.); Journal of the Institute of Metals (od 1926 g.); Chemical & Metallurgical Engineering (od 1927 g.); Arhiv za Hemiju i Farmaciju (od 1927 g.); Rudarski i topionički vjesnik (od 1929 g.); Chemické listy (od 1928. g.).

U zamenu za »Arhiv«: Plyn a Voda (od 1928 g.); Chemický Obzor (od 1928 g.); Przemysl Chemiczny (od 1927 g.); Chimie & Industrie (od 1927 g.); La Metallurgia Italiana (od 1928 g.); Giornale di Chimica Industriale ed Applicata (od 1928 g.); Canadian Chemistry and Metallurgy (od 1928. g.).

U zavodu služili su (odnosno služe) kao asistenti: Broz dr. ing. Rade od 1922 do 1924, sada u Pan-American Corporation Aruba, Nizos. Zap. Indija; Gamiršek ing. Vanda od 1924 do 1926 sada Chacabuco, Čile; Podhorsky ing. Rikard od 1926. do danas; Kostjejev dr. ing. Vladimir od 1926. do danas; Barbetti Drago god. 1928/29, sada na specijalizaciji na Universitetu u Grenoble (Francuska).

U zavodu je izrađeno do sada nekih dvadeset diplomskih radova.

Doktorski radovi, koji su izrađeni u zavodu:

Broz Rade isporedio je u svojoj disertaciji vladanje nekih naših boksita kod preradbe po Bayeru sa njihovim sastavom i nastojao je teoretski rastumačiti neke faze Bayerovog procesa.

Kostjejev Vladimir u svojoj disertaciji s naslovom »Prilog k poznavanju hemizma Leclanché-ovog članka« istražio je uticaj raznih faktora na kvalitet i rendement Leclanche-ovog članka.

Iveković Hrvoje uspeo je da rastumači poreklo zagrebačke vodovodne vode.

U zavodu za anorgansko hemijsku tehnologiju i metalurgiju, u sporazumu sa dekanatom Tehničkog fakulteta i Udruženjem slušača tehničkog fakulteta u Zagrebu, osnovan je prošle godine »Fond za naučne ekskurzije studenata hemijsko-inženjerskog odjela tehničkog fakulteta u Zagrebu«, kojemu je svrha da omogući slušačima poduzimanje duljih ili kraćih putovanja u zemlji ili u inostranstvo, radi upoznavanja industrijskih i kulturnih ustanova. Već ranije poduzimano je pod votstvom pretstojnika ovog zavoda, pored izleta za razgledavanje susjednih industrijskih poduzeća, nekoliko većih ekskurzija, od kojih su naročito plodne bile

ekskurzija u München i Beč 1927 god., pa ekskurzija u Beč i industrijska poduzeća u Štajerskoj 1928 god.

Stolica zavoda za organsku hemijsku tehnologiju.

Organska hemijska tehnologija obuhvaća tehnološku preradbu najrazličnijeg organskog materijala, kojega nam u obilju pruzaju u sirovoj formi oba organska prirodna carstva. Ovamo spada također i obrada nafte, zemne smole i ostalih organskih fosilnih supstanca, što dolaze u kori zemljinoj, a po postanku vuku svoju lozu iz organskoga carstva. Ove sirovine obraduju se nizom hemijskih procesa, kod čega se one materijalno mijenjaju i prevode konačno u takav oblik, koji najviše odgovara potrebama covjeka.

Organska hemijska tehnologija kao primjenjena nauka daje nam smjernice i opće upute, kako se treba provesti racionalna tehnološka obrada organskoga materijala nizom hemijskih procesa, sa konačnim cilјem, da se dobiju gotovi produkti što boljeg kvaliteta uz što manji potrosak energije i materijala.

Racionalno primjenjivanje hemijskih procesa u tehnici i praksi imade svoj zametak i bazu u čistom naučnom istraživanju, pa se i organska hemijska tehnologija rodila i razvila na temelju usvajanja i primjenjivanja tekovina naučnog hemijskog rada. Naravno je, da ova disciplina i danas dobiva neprestano nove pobude na vrelu naučnog istraživalačkog rada, a svoj progres bazira na racionalnoj primjeni novih naučnih tekovina.

Napredne hemijske fabrike najsavjesnije ispituju u svojim laboratorijima sirovine kao i intermedijarne produkte i konačne proizvode prije nego ih stavljaju na tržište. Uz pravljenje stalnih kontrolnih analiza treba u tvornici stalno izvadati također i pokusna laboratorijska istraživanja na temelju kojih se samo može pogon racionalizirati i prilagodivati novim savremenim zahtjevima.

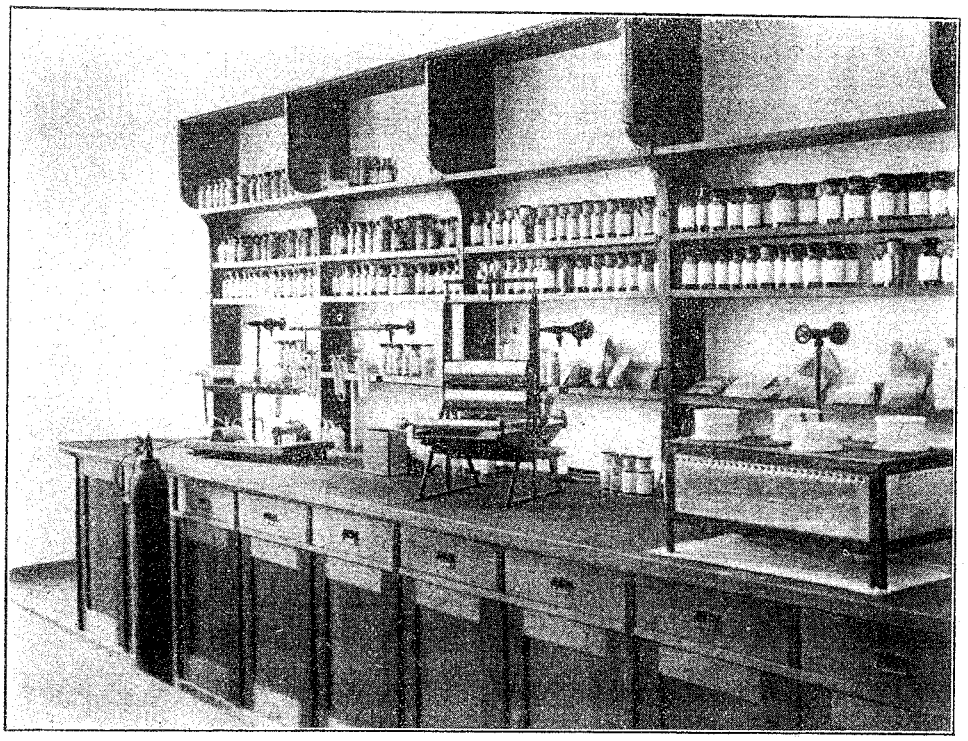
Sve istaknute zadaće, koje dolaze u tvorničkoj praksi moći će uspješno da rješavaju samo produktivni inženjeri hemijske struke, koji treba da poznadu dobro, ne samo hemizam organskog materijala, nego da su također osposobljeni i upućeni da se znadu služiti u svakom danom slučaju metodama naučne i analitičke hemije.

Sva važnost u industrijskom stvaranju polaže se danas na produktivnost i okretnost u primjenjivanju naučnih tekovina. Fabrike, koje rade bez kontrole i duhovne laboratorijske saradnje i direktive, ne mogu prosperirati, jer kod šablonskog i mehaničnog rada, proizvodnja postane uskoro zastarjela i neracionalna po kvaliteti i kvantiteti dobivenih produkata!

Naša domovina, koja je od prirode bogata različnim organskim sirovinama ima temeljni preduvjet da razvije na ovom polju svoje hemijsku industriju u svim smjerovima. Naši nacionalni interesi traže u svakom pogledu emancipaciju od inostranstva, pa i hemijsku industriju treba da vode naši domaći sinovi inženjeri hemijske struke, koji će sa više ljubavi i smisla znati da rješavaju aktuelne probleme, koji će dolaziti u našoj domaćoj tvorničkoj proizvodnji. Od eminentne je dakle važnosti, da se novoosnovanom institutu za organsku hemijsku tehnologiju, kao i ostalim zavodima hemijsko-inženjerskog odelenja, koji čine zajedno duhovnu cjelinu, dade sredstava i mogućnosti da se razviju i uzdignu na visinu

duhovnog stvaralačkog rada, kako bi mogli obrađivati s toga stanovišta široko neobrađeno polje našeg narodnog materijalnog bogatstva.

Počeci osnivanja ovoga zavoda padaju u god. 1925. kada je pozvan da predaje kao docent organ. hemij. tehnologiju g. dr. J a k e š iz Brna, koji je međutim uskoro zbog bolesti ovo mjesto napustio. Do god. 1927 predavao je organsku hemijsku tehnologiju III. (masti i ulja) te hemiju živežnih namirnica prof. S t r o h a l D r a g u t i n. U škol. god. 1927/28. i 1928/29. povjerena su ta predavanja asistentu za organsku hemiju K r a j č i n o v i ć u dr. ing. M. koji počevši od šk. god. 1929/30. predaje ove predmete u svojstvu redovnog docenta time, da je organska hemijska



Zavod za org. hem. tehnologiju. Radionica docenta.
Institut de chimie organique industrielle. Laboratoire du maître de conférences.

tehnologija III proširena još i sa bojadisarstvom. Stolica nije mogla biti do sada popunjena.

U škol. god. 1928/29. dodijeljena je zavodu jedna soba, u kojoj su iste godine sa raspoloživim sredstvima instalirani radni stolovi i digestorij, dok se u slijedećoj godini 1929/30. počelo sa nabavkom najpotrebnijeg inventara i aparatura potrebnih za vođenje vježbi iz bojadisarstva i hemije životnih namirnica.

U daljnjem programu je da se nabave potrebne sprave i pomagala za vođenje praktikuma iz hemije masti i ulja, te drugih važnih poglavlja, koji spadaju u organsku hemij. tehnologiju i kojima će se ovaj predmet da proširi i kompletira.

U zavodu za organsku hemij. tehnologiju izrađeni su u posljednje vrijeme slijedeći naučni radovi:

1. Upotreba naših domaćih glina za odbjeljivanje i rafinaciju mineralnih i vegetabilnih ulja.

2. Metoda za racionalnu preradbu patočnog ulja u svrhu priređivanja razređivača za nitrocelulozne lakove.

3. Određivanje štetnog utjecaja sumpor-dioksida na vegetaciju pomoću analitičko-hemijske metode.

Za zavodsku zbirku nabavljene su kolekcije uzoraka naših nekih domaćih fabrika, a osobito bogatu kolekciju boja poklonila je zavodu I. G. Farbenindustrie A. G. u Ludwigshafenu.

Gospodarska hemijska tehnologija.

Ovaj predmet predaje (kao organska hemijska tehnologija I i II) slušačima hemijsko-inženjerskog odjela profesor gospodarsko-šumarskog fakulteta Koudelka dr. Viktor. Slušači obavljaju i svoje vježbe u dotičnom zavodu. (Pobliže vidi na str. 397. ovoga Godišnjaka).

Tehnička mikologija.

Ovaj predmet predaje slušačima hemijsko-inženjerskog odjela profesor gospodarsko-šumarskog fakulteta Gutschy dr. Ljudevit. Slušači obavljaju svoje vježbe u dotičnom zavodu (Pobliže vidi na str. 397. ovoga Godišnjaka).

Pravne discipline.

Glede izučavanja nauka tehničke struke vladao je osamdesetih godina 19. v. na svim visokim tehničkim školama zapada princip, da valja slušačima visokih tehničkih škola dati teoretsku, a po mogućnosti, i neku praktičnu naobrazbu u predmetima čiste tehničke prirode, a nije se vodilo računa o tom, da bi valjalo slušačima tih visokih škola podati i neku opću naobrazbu, jer oni u praktičnom životu ne će biti samo puki inženjeri, nego će biti i članovi raznih produktivnih organizacija, biti će upravnici, a kao takovi biti će organi države i vršit će jedan dio državne vlasti bilo upravne ili zakonodavne, a konačno bit će i poduzetnici, trgovci i t. d.

Toga radi vidimo tamo oko godine 1897. snažan pokret u samim organizacijama inženjera i arhitekata, koji su u raznim svojim odborskim sjednicama te samim inženjerskim i arhitektonskim sekcijama i glavnim skupštinama pristupila ozbiljnom radu i stvaranju zaključaka oko reforme studija na tehničkim visokim školama.

Svi ti zaključci jednodušno se slažu s tim, da se na tehničkim visokim školama mora uzeti kao osnovni princip, da se svakom onom pojedincu, koji se posveti tehničkom studiju mora dati prilika, da se on koliko teoretski toliko i naučno u tehničkoj disciplini odgoji i to do onog stupnja, do kojeg je to moguće. No ne smije se s vida pustiti, da se istima dade prilika neke strukovne opće naobrazbe, naročito u pravnoj i narodno-gospodarskoj struci tako, da slušačima visokih tehničkih škola, odnosno tehničkih fakulteta, budu poznati glavni i osnovni principi prava i narodnog gospodarstva. Ta naobrazba u pravnim, državoslovnim te narodno-gospodarstvenim disciplinama mora se dati u tolikoj mjeri, koja je potrebna, da se svaki tehničar, izvršavajući svoju tehničku struku može samostalno kretati, a naročito da ne mora i za najmanji pravni spor

ili konkretni pravni slučaj tražiti savjet i pomoć izučenog pravnika, naročito odvjetnika, čiji je savjet i pomoć u mnogim i mnogim slučajevima skopčana s razmjerno velikim materijalnim žrtvama. Izučavanjem je pravnih disciplina posljedicom, da se iz tih pravnih disciplina moraju polagati također pojedinački ili diplomski ispiti (koji su potonji zavedeni na raznim visokim tehničkim školama zapada) imade se postići naročito to, da se tehničarima omogući, da mogu u tehničko-upravnom području samostalno vladati i da mogu vodeća mjesta zauzeti, na koja su pozvani i po svojoj naučnoj spremi i po svojim stručnim kvalifikacijama.

Ugledavši se u tom pravcu na Tehničke visoke škole zapada, uvele su akademske vlasti bivše Tehničke visoke škole, sada Tehničkog fakulteta u Zagrebu, izučavanje pravnih disciplina, kao obligatnog predmeta uz polaganje t. zv. pojedinačkih ispita, bez kojih se ne može pristupiti polaganju diplomskih ispita.

Pravne discipline dijele se u: 1. Privatno-pravne i upravno-pravne discipline, te 2. narodno-gospodarstvene.

Izučavanjem privatnog prava koje je propisano u svim odjelima tehničkog fakulteta, ima se slušačima enciklopedistički prikazati: pojava, svrha i dioba prava te pojam države, zakona, uredaba i naredaba.

Pojam općeg građanskog prava i trgovačkog zakona, te naročito pojam i način zastupanja pogodaba, koliko po općem građanskom zakonu, toliko i po trgovačkom zakonu: zatim pojam vlasnosti, posjeda i služnosti, kao i glavna načela gruntovnice, te tečajnog i pobojnog prava. Vidi se prema tome, da se svaki slušač ima upoznati s glavnim principima privatnog prava, s kojima se susreće dnevno u svom praktičnom životu vršeći zvanje, koje si je izučavanjem tehničkih disciplina odabrao. Nasuprot izučavanja upravnog prava, koje je propisano za sve odjele osim hemijsko-inženjerskog ima se slušačima podati opće poglede pojma državne uprave i samouprave, a naročito upravu i samoupravu organizacija naše države. Inženjeri ne će voditi samo kao privatnici, nego se velika većina posvećuje vršenju zadataka države u tehničkom pogledu bilo kao državni ili kao samoupravni organi. Nesumljivo je, da ih stoga valja upoznati koliko s generalnim upravnim i samoupravnim propisima, a naročito i sa specijalnim upravnim zakonima, kao što su: građevni propisi, zakon o radnom pravu, zakon o zemljišnim zajednicama i komasacijama, zakon o nužnim prolazima i. t. d. Međutim i oni koji ne će djelovati bilo kao državni ili samoupravni organi treba da poznadu sve odnose upravne odnošaje i upravne instancije, kod kojih eventualno traže upravnu pravnu pomoć.

Narodno gospodarstvene pravne discipline, koje su propisane za sve odjele tehničkog fakulteta raspadaju se: a) nauka o narodnom gospodarstvu u užem smislu, b) financijalna znanost i c) socijalna politika.

Rekli smo već gore da tehničar ne će biti samo inženjer, već dobar tehničar treba da bude i trgovac i poduzetnik i bankar, a naročito dobar gospodar i financijer. Toga radi treba da se upozna sa gospodarstvom uopće, sa gospodarskim principima, uvidima produkcije i poduzeća, o obrtu i trgovini, a naročito o obrtnoj, industrijalnoj te trgovačkoj politici. Treba da bude poznat sa uvidima današnjeg modernog kreditnog gospodarstva sa organizacijom kredita naročito bankama kao poduzetnicima, te raznim bankarskim poslovima. Obzirom na valutarne probleme treba da znade što je novac i vrste istoga, treba da znade što su note i banknote, te valja da bude upućen o deviznoj i diskontnoj politici Notne

Banke. Treba da mu budu poznati principi prometne politike, a osobito da se upozna sa raznim prometnim sredstvima i tarifalnim problemima te naročito obzirom na porudžbu robe iz inozemstva i obzirom na izvoz gospodarskih dobara, koja se produciraju u zemlji, valja da bude upoznat, što je carina i carinska politika, a u vezi s tim o potrebi i zlim stranama raznovrsnih burza. Valja da bude poznato što je dohodak odnosno renta, kako nastaju gospodarske krize i koji su im uzroci.

Pošto se, koliko svaki privatnik kao i poduzetnik, ima u svom gospodarenju voditi načelima financija države i državnog gospodarenja, to je potrebno izučavanje uvoda Financijske nauke, kao sastavnog dijela nauke o narodnom gospodarstvu.

Pod konac 19. vijeka počelo se uslijed razvitka socijalizma i t. zv. radničkog pokreta izučavati t. zv. socijalno pitanje, koje ima da mjeri t. zv. odnošaj kapitala i rada. Pošto baš tehničari imadu da temeljito upoznadu osnovna načela i moderni razvitak pojma »Društvo«, naročito razvitak socijalnog, radničkog pitanja, to je valjalo kao modernu ali i aktuelnu disciplinu zavesti izučavanje »Socijalne politike«, koja se kao obligatni predmet predaje na svim odjelima tehničkog fakulteta. Ta disciplina ima da upozna tehničare, koji će se najviše baviti ne samo naučnim i moralnim radom i radnikom, sa politikom radničkog blagostanja, nestašicom i gubitkom i osiguranjem radnih prilika te rješavanjem problema nezaposlenosti, kao i ustanovu raznih radničkih organizacija. Naročito se imadu tehničari upoznati sa socijalnim političkim zakonima naše države, kao što su zakon o osiguranju radnika u slučaju bolesti, starosti, invalidnosti i smrti, te zakon o zaštiti radnika i zakon o inspekcijama rada. To je upoznavanje socijalno političkih problema tehničaru naročito nužno, jer se ti problemi tiču ne samo običnog manuelnog radnika, već i t. zv. kvalifikovanog radnika, u koje valja ubrajati kvalifikovane tehničare raznih struka.

Sve ove predmete predaje od osnutka redovni prof. Belobrk dr. Josip.

*

Osim navedenih disciplina predaje se niz pomoćnih predmeta, kako se to razabire iz pregleda naučnih osnova na str. 851. i dalje.

KNJIŽNICA.

Knjižnica Tehničkog fakulteta smještena je u prizemlju te zaprema dvije prostorije. U prostoriji, koja leži prema ulici smještene su knjige; ovdje je profesorska čitaonica i ured knjižnice, dok je u prostoriji spram dvorišta đačka čitaonica.

Knjižnica je osnovana s pomoću darova, u prvom redu Zagrebačke sekcije Udruženja jugoslavenskih inženjera i arhitekata i pojedinaca, a unapređuje se stalno darovima i nabavom novih djela.

Koncem školske godine 1928/29. bila su u knjižnici 7213 djela.

Knjižnica prima redovno 40 stručnih časopisa. Nekoje časopise (8) prima besplatno, dok za pretežni dio (32) plaća pretplatu, što znatno tereti godišnju dotaciju.

Godine 1929. preuređena je knjižnica iz temelja inicijativom i revnim radom g. prof. ing. Sorte Leopolda, kome je pomagao arhivski činovnik g. Marušić Božo.

Prvi knjižničar bio je Dejak Franjo 1920—1924.; zatim je dužnost knjižničara vršio privremeno od početka škol. god. 1924./25. do 1. februara 1925. godine asistent Vranić dr. Vladimir, a od toga dana do danas Philipović Mijo, inspektor voda u miru.

UDRUŽENJE SLUŠAČA TEHNIČKOG FAKULTETA.

Čim se uđe u aulu Tehničkog fakulteta vidi se čitava lijeva fronta zida sistematski obložena oglasnim pločama Udruženja i njegovih sekcija. Mnoštvo plakata i oglasa daje naslućivati intenzivan i organizovan studentski život. Oko srednje najveće ploče često se sakupljaju studenti, te čitajući diskutiraju dnevni red večernje sjednice upravnog odbora.

Tako se već deset godina naši tehničari sastaju u određeno vrijeme i do kasno doba noći predlažu i diskutiraju, da se velikom voljom ali mršavim sredstvima, gotovo bez ičije pomoći izvrši program, koji se od njih očekuje. Ovih deset godina su tim značajnije, kada se zna, da se je moralo početi od početka i svladati sav dosadašnji uspjeli posao u vrlo nepovoljnim prilikama.

Prva generacija dolazi dobrim dijelom iz streljačkih jaraka minulog rata upoznavši se sa svim njegovim posljedicama. Tehnička omladina znajući svoju nacionalnu i ekonomsku ulogu u poslijeratnom stanju osjeća u sebi volju i energiju za stvaranjem boljeg poretka. To se naročito očituje u svim akcijama i diskusijama, koje obiluju konstruktivnim i drugarskim idealizmom. Pojedinci su znali unatoč slabog ekonomskog stanja zapostaviti svoj lični prosperitet u intenzivnom radu za napredak cjeline u svom Udruženju. Zato se Udruženje uvijek spominje sa strane slušača s osobitom pažnjom, koja sebi očituje zasluženi autoritet. To se je manifestovalo u svakoj akciji koju je Udruženje vodilo, što je zapaženo i u svim ostalim studentskim krugovima, gdje se kompaktnost i konstruktivnost tehničara uzimala uvijek kao primjer.

Prvih godina radi Udruženje mnogo na naučnom programu i nastoji pri stvaranju raznih uredaba, da skrene pažnju nadležnih na svoje opravdane potrebe (uredba o polaganju ispita, podijeljivanju stipendija, stvaranju prvih radionica-laboratorija i t. d.).

Osnivanje vlastite litografije i kasnije štamparije omogućuje Udruženju izdavanje skripata-predavanja iz svih disciplina i za sve fakultete zagrebačkog univerziteta.

Zbog nedostatka svake stručno-naučne literature na našem jeziku dalo je time Udruženje cijeloj generaciji studenata jednako kao i praksi prve naše udžbenike i priručnike te bi već radi toga zaslužilo, da se skrene materijalna pažnja nadležnih i omogući dalnji uspješan rad, koji sada postavlja sve veće materijalne zahtjeve.

Ekonomski program obuhvata već od početka velik dio djelovanja Udruženja. Tehnički studij po svom uređenju postavlja prilične materijalne zahtjeve i žrtve, a Udruženje ih je znalo uvijek znatno da olakša. Profesorski Savjet je uvijek nastojao da sa svoje strane daje po mogućnosti materijalnu i moralnu pomoć kao i inicijativu. Tako već 1920. godine stvara profesorski savjet zaključak o otvorenju Doma tehničara sa cca 40 kreveta i Tehničku menzu, gdje se je dobivala hrana za 5 Dinara na manje, a posve siromašni badava. Kasnije se moralo na žalost sve opet zatvoriti radi nedostatka prostorija.

Preko svojih sekcija Udruženje osniva prodavaonice svih tehničkih potrepština, pisaćeg i risaćeg materijala, gdje članovi mogu sve to da nabavljaju znatno jeftinije i uz povoljne uvjete (otplatu).

Sekcije svake godine u zajednici sa gg. profesorima organiziraju naučne ekskurzije, od kojih su važnije izvedene u Čehoslovačku, Francusku, Austriju, Njemačku i Italiju. Sekcije strojara i geodeta nabavkom specijalnih strojeva za umnožavanje raznih formulara, tabela itd. znatno olakšavaju rad i studij. Sekcijske biblioteke sa svojim priručnicima znatno pomažu opet kod konstruktivnih programa viših godišta.

Stvaranjem t. zv. fondova za ekskurziju i putnih blagajna dobivaju i naučne ekskurzije mnogo realniju podlogu u čemu se mora ponovno zahvaliti pojedinoj gg. profesorima za inicijativu.

U svom djelovanju Udruženje nije ostalo u granicama svoga fakulteta, već na njegovu inicijativu osniva se Savez studenata tehnike Jugoslavije.

Ekonomski momenti kao i potreba što intenzivnijeg društvenog života s obzirom na njegovo veliko značenje kod studija i potrebne saradnje, dovodi ponovno na tapet pitanje osnutka Doma tehničara. Ta se potreba osobito osjeća kod rada pojedinih sekcija i osnovane društvene štamparije, koje radi nedostatka dovoljnih prostorija moraju svoj rad ograničiti na najnužnije. U novembru 1926. prihvaća prof. savjet Pravilnik o Domu tehničara i obećaje sa svoje strane punu pomoć. Prema tom pravilniku uplaćuje svaki student kod semestralnog upisa 10 dinara za Fond za gradnju Doma. Svakako da to ni izdaleka ne dostaje za skori početak gradnje i radi toga posebno konstituirani odbori nastoje spremiti akciju većeg stila. Nađeno je bilo već zemljište i osigurana tehnička i materijalna strana programa. Međutim kasnija akcija za Dom Akademičara u Vodnikovoj ulici dovela je stvar u koliziju i tehničari su odgodili svoj spremljeni program na povoljnije vrijeme. Kod akcije Doma tehničara rukovodili su Udruženje naročiti principi, koji su rezultat dosadašnje prakse. Pokazalo se naime, da tehničari kod svog studija imaju vrlo malo vremena i prilike nadopuniti svoje čisto stručno znanje elementima, kojih se potreba sve više osjeća, obzirom na zamašnu ulogu koju inženjer tehničar uzima u komunalnom životu. Zato bi osobito dobro došao Dom, koji bi omogućio koncentraciju i jači društveni život.

Financijalna strana U. S. T. F.-a obuhvata polovicu poslovanja sviju dosadašnjih odbora i napor je bio upravljen oko stvaranja jačeg fonda za izdavanje škripata i t. d. kojim bi postao rad udruženja mnogo elastičniji, a i uspjeh sigurniji.

U hronološkom slijedu razvija se rad od godine do godine sve više, pri čemu su pojedina gg. profesori i slušači stekli naročitih zasluga. Pri samom osnutku prilažu neka gg. profesori, kao i neki naši industrijalci te novčani zavodi stanovite svote i time stvaraju početni fond. Pomoću g. Dr. Belobrka i kolega Šojata i Bošnjakovića dobavlja se litografski stroj i odmah počinju štampati prva skripta, što obavljaju sami studenti. Za prvog predsjednika Novaka Antuna dovršilo se 8 skripata. God. 1920./21. pod predsjedništvom kolege Jurdana ističe se kolega Rukavina kao arhivar, te Dr. Vranić i kolega Langraf. God. 1921/22. za predsjednika kolega Kliske arhivar kolega Plašćar. God. 1922/23. predsjednik kolega Šojat te kolega Hercigonja. Godine 1923/24. predsjednik Iveković, 1924/25. predsjednik Armanda,

tajnik Škreb i blagajnik Kovač, koji uvađa amerikansko knjigovodstvo. God. 1925/26. pod predsjedništvom kolege Weinera i podpredsjednikom kolege Kučića je osobito plodna sa mnogim idejama, no koje se na žalost nisu mogle ostvariti. Udruženje je nastojalo tako pojedina izdanja starih skripata proširiti i prirediti za štampu. U tu svrhu iz svojih skromnih sredstava i zajam prof. savjeta nabavlja se jedan kompletan štamparski stroj s potrebnim uređajem i matematskim slogom i time osniva vlastitu štampariju pored litografije. Osniva se odbor za gradnju Doma tehničara i definitivno osniva Savez studenata tehnike Jugoslavije. Međutim su se iscrpila materijalna sredstva i Udruženje pada u tešku financijsku krizu te 1926/27. predsjednik kolega Jamnicki ima pune ruke posla, da svojim ustrajnim i požrtvovnim naporima donekle popravi stanje. Stroj za štampanje bude prodan i predsjedniku u slijedećoi godini Tvrtkoviću N. znatno olakšan rad na potpunome sređivanju. Tako god. 1927/28. ima dosta sreće i uspijeva da opet podigne i popuni raspačane naklade skripata za čiju tehničku opremu stiče osobitih zasluga kolega Donati Bruno. Glavno finansiranje još uvijek daje uspjeli elitni ples gdje se osobito ističu milostiva gđa inženiera Katušića i kolega Jamnicki Ivo. Sekcije se ponovno oživljuju i Udruženje počinje s velikim interesom svih članova da vidljivo napreduje. 1928/29. na rekordno posjećenoj glavnoj skupštini biran je za predsjednika kolega Kučić, koji se radi privatnih razloga uskoro zahvaljuje i predaje svoje mjesto kolegi Težaku Boži, koji je naročito poduzeo sve da oživi Savez Jugosl. studenata tehnike, a u Zagrebu da osnuje Savez stručnih udruženja zagrebačkog univerziteta, te tako omogući dostojnu i pravednu reprezentaciju naših studenata uopće. Sa tajnikom kolegom Ostrogovićem Kazimirom pokreće on tada i pitanje opće studentske revije. U istoj godini osnovana je i centralna prodavaona svih tehničkih potrebština, a promet njen, koji je predviđen na oko pola miljuna dinara godišnje, očit je dokaz njene potrebe. U jubilarnoj godini na čelu Udruženja je kolega Domaćinović. Udruženje danas raspolaže sa imovinom, koja dosiže slijedeće sume: vrijednost skripata oko 100.000 dinara, tehničkog materijala, koji se nalazi u uzorno vođenoj prodavaoni pod upravom kolege Kučića Waltera oko 60.000 Din., dok fond za gradnju Doma tehničara iznosi oko 50.000 Dinara, što sve za sadanje razvijeno poslovanje ni izdaleka ne dostaje i tako se mora mnogo puta uteći Udruženje kreditu. Na skladištu je preko 50 vrsta raznih skripata i tri knjige kao društvene edicije, dok je litografija inače izdala preko stotinu raznih skripata za ostale fakultete zagrebačkog univerziteta.

Za cijelo vrijeme Udruženje održava srdačne veze sa Udruženjem jugoslovenskih inženjera i arhitekata, kod kojih članova nalazi uvijek savjeta i potpore.

Nakon deset godišnjice rada može Udruženje slušača tehničkog fakulteta biti ponosno na svoju s uspjehom vršenu zadaću, koju je pak moglo zadovoljavati samo uz mladenačku požrtvovnost svojih najboljih članova.

Kod rada na društvenim svrhama osobito je zaslužan i profesorski savjet, koji je znao vrlo često moralno i materijalno dati odlučne inicijative za maksimalni razvoj Udruženja. Ova neprekidna pomoć sa strane uprave fakulteta dovela je do naročite pažnje slušača našeg fakulteta

prema svojim nastavnicima, što se osobito podvlači i ističe u životu našeg sveučilišta. Sigurnost kojom se naglasuje jedinstvenost U d r u ž e n j a sa Fakultetom stvara divan kontinuitet u radu studentskih generacija, te nepresušivi izvor podstreka i odlučnosti U p r a v e U d r u ž e n j a u njenom, sa velikim žrtvama, povezanom radu.

Udruženje nije danas samo tvorevina običajnih potreba naših studenata, već je ono i najviša škola socijalne požrtvovnosti i životne konstruktivnosti u radu budućih pionira naše industrije.

Dr. Juraj Žerjavić.

Dok su ostali narodi bivše austro-ugarske monarhije i po koje stoljeće imali svoja sveučilišta, hrvatski je narod teškom mukom uspio, da se u Zagrebu otvore vrata ovoga visokoga zavoda tek godine 1874. Pa i tada ustrojila su se samo tri fakulteta i sveučilište je ostalo nepotpuno sve do oslobođenja i ujedinjenja. Tuđinac je već u principu bio protivan da nam dopusti otvorenje ovoga ili onoga kulturnoga zavoda, naročito visokih škola, polazeći s gledišta, da će naši sinovi zbog nedostatka svojih zavoda, posjećivati njihove, da će zbog velikih troškova školovanja u tuđini, biti malen broj naših slušača, pa će u južnim dijelovima države postavljati svoje ljude, tuđince, koji će tu vladati i zapovijedati.

Hrvati su svaku prigodu upotrebljavali, da zatraže od vlastodržaca ovaj ili onaj visoki zavod. No ako je i uspjelo dokazati koju kulturnu potrebu, uvijek je zapinjalo zbog nedostatka sredstava, što je često bio samo razlog, da nam se onemogući ili zadrži kulturni i ekonomski razvitak.

No hrvatski narod znao je sebi i sam pomoći. U našem narodu uvijek se našlo ljudi, koji su pridonijeli znatne materijalne žrtve u svrhu osnutka kojega kulturnoga zavoda. Ti dobrotvori narodni nalazili su se u ono doba gotovo isključivo među višim svećenstvom, što je i razumljivo, ako se uzme u obzir, da su oni bili na položajima, koji su im odbacivali znatne dohotke, pak su bili i u stanju, da za potrebe svoga naroda pridonesu znatne svote. Hrvati nijesu imali velikih bogataša, a što je u nas bilo bogatih ljudi, to su od reda bili tuđinci, koji nijesu imali srca ni volje, da od imetka, koji su među nama stekli, daruju nešto za naše kulturne zavode. Koliko je i bilo darova, bile su to neznatne svote, koje pogotovo danas predstavljaju malu vrijednost. Srbijanci su u tom pogledu bili u sretnijem položaju od Hrvata — oni su imali i imaju bogataša svoje krvi, koji su se natjecali i natječu se i danas svi od reda: industrijalci, trgovci, posjednici, privatnici, bogate udovice, koji će više od svog imetka darovati svome narodu za podignuće i uzdržavanje kulturnih i humanih ustanova. Ima ih, koji su u te svrhe darovali i desetke milijuna.

Kako se početkom ovoga vijeka razmahao jači pokret, da se u Zagrebu osnuje tehnička visoka škola, ili tehnički fakultet, župnik i opat marijabistrički dr. Juraj Žerjavić, shvatio je odmah, da ćemo do ostvarenja toga zavoda mnogo brže i lakše doći, ako se stvori zaklada, s pomoću koje će se osnovati i urediti ova visoka škola. Taj veliki dobrotvor dariva u tu svrhu 19. XII. 1909. hrvatskom narodu svoju dvokatnu kuću u Zagrebu. Plemeniti ovaj dar bio je znatan pokretač za ustrojenje toga zavoda. Nije prošlo ni punih devet godina otkako je dr. Žerjavić postavio temelini kamen tehničkoj visokoj školi, ustraja se taj zavod, za kojim je hrvatski narod kroz decenije težio.

Prigodom prve desetgodišnjice opstanka tehničkog fakulteta dužnost nam je, da se posebice spomenemo prvog velikog dobrotvora ovoga fakulteta sa željom, da nađe nasljedovatelja, koji će obilnim darovima pomoći daljnju izradnju ovoga važnog i nadasve potrebnog zavoda. Neka se naši dobrotvori, veliki po umu i srcu, sjete tehničkog fakulteta i obilno ga darivaju, kako bi sačuvali sebi trajan spomen i harnost budućih generacija.

*

Dr. Juraj Žerjavić, rodio se 13. travnja 1842. u Zlataru, gdje je polazio i pučku školu. Kako je bio vrlo nadaren poslao ga je otac u gimnaziju, koju je polazio što u Požegi, što u Zagrebu. Svršiv gimnaziju pošalje ga kardinal Mihalović kao klerika u Rim na nauke. Tu je stekao doktorat filozofije i bogoslovije, te se vratio u Zagreb kao mladomisnik. U Zagrebu je bio postavljen za predstojnika nauka u nadbiskupskom sirotištu, a ujedno je bio suplentom na gimnaziji. U to vrijeme napisao je raspravu »Čovjek i majmun« te »Nepogrešivost papina«.

Kad je god. 1874. umro tadanji župnik u Mariji Bistrici Mirko Tumpić, njegovim nasljednikom bio je postavljen dne 31. prosinca 1874. dr. Juraj Žerjavić. Za vrijeme svoga župnikovanja latio se posla, da u području svoje župe štošta uredi, popravi, sagradi...

God. 1879. zaključeno je, da se župna crkva, kao i župni dvor, obnovi i proširi. Kad je Herman Bollé izradio nacrte za te zgrade odmah se pristupilo poslu. Žerjavić kod te gradnje živo sudjeluje; naročito je sam svake nedjelje isplaćivao majstore i radnike. Bilo se zaključilo, da će se kod gradnje upotrebiti samo domaći majstori, no ispostavilo se da tih nema, pak su se morali uzeti gotovo isključivo sami tuđinci. Vrlo karakteristično za tadanje prilike!

Tek god. 1885. dovršena je obnova crkve sa ukupnim troškom od 200.000 forinti.

God. 1909. nabavio je Žerjavić zemljišta u selima Lazu i Globočecu i sagradio troškom od 60.000 for. dvije škole, te ih darovao tim selima.

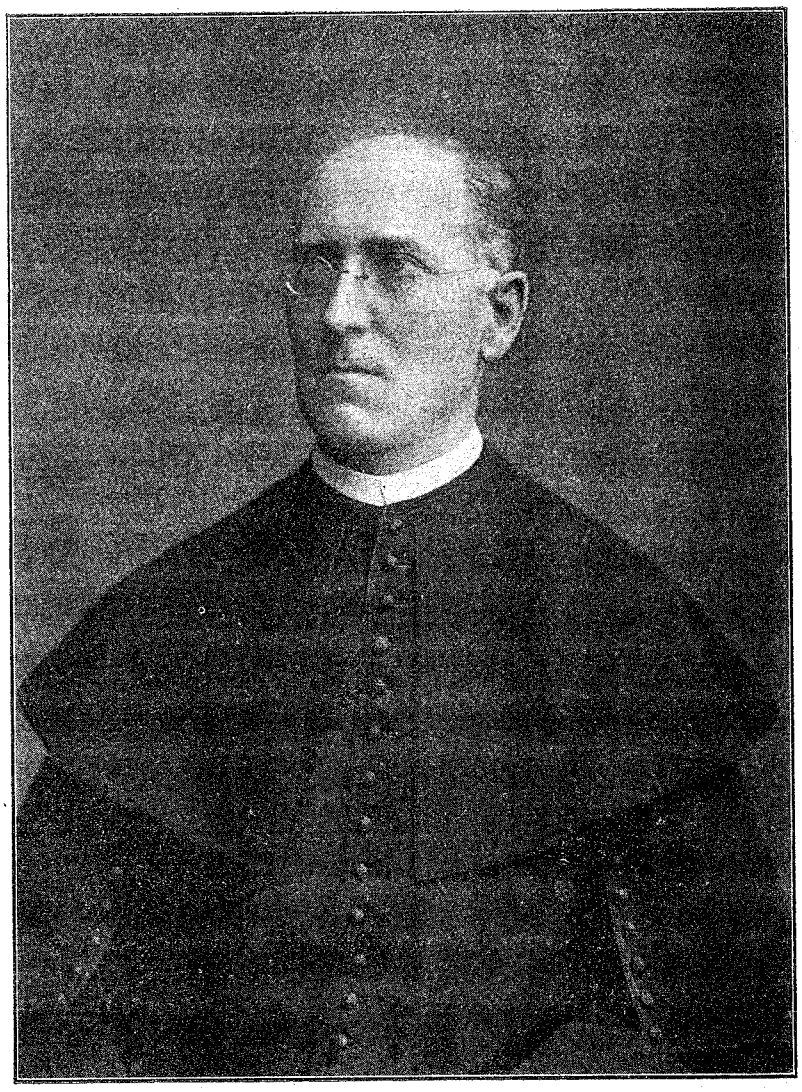
Dne 19. XII. 1909. zapisuje, kako spomenusmo, svoju kuću u Zagrebu (Žerjavićeva ulica br. 13.) u svrhu osnutka i uređenja tehničke visoke škole, odnosno tehničkog fakulteta u Zagrebu.

God. 1897. izabran je Žerjavić narodnim zastupnikom na hrvatskom saboru kao pristaša stranke prava, gdje je žestoko obarao na režim tadanjeg bana Hedervarya.

Župnik Žerjavić imao je mnogo neprilika u samoj župi, a i oblasti su ga progonile, gdjegod su mogle. God. 1892. bio je šta više i kažnjen sa mjesec dana zatvora, jer da je bunio narod, a na njegov trošak poslali su u mjesto i vojni odio. Za bune god. 1883. umalo da nije nastradao i sam Žerjavić.

Župnik Žerjavić bio je vrlo radin, dobar gospodar i zdušan pastir svoga stada. Imetak, koji je stekao, bio je plod njegove radinosti i štednje. Nikad nije trošio na suvišne stvari, no sve ono, što je bilo potrebito za crkvu, župni dvor ili gospodarstvo, rado je nabavljao. Prava crkve i svoja znao je odlučno braniti.

Dr. Žerjavić imao je od djetinstva slabe oči. Punih posljednjih deset godina svoga života bio je potpuno slijep. Teško je ocrtati boli i



Đuraj Kojanić

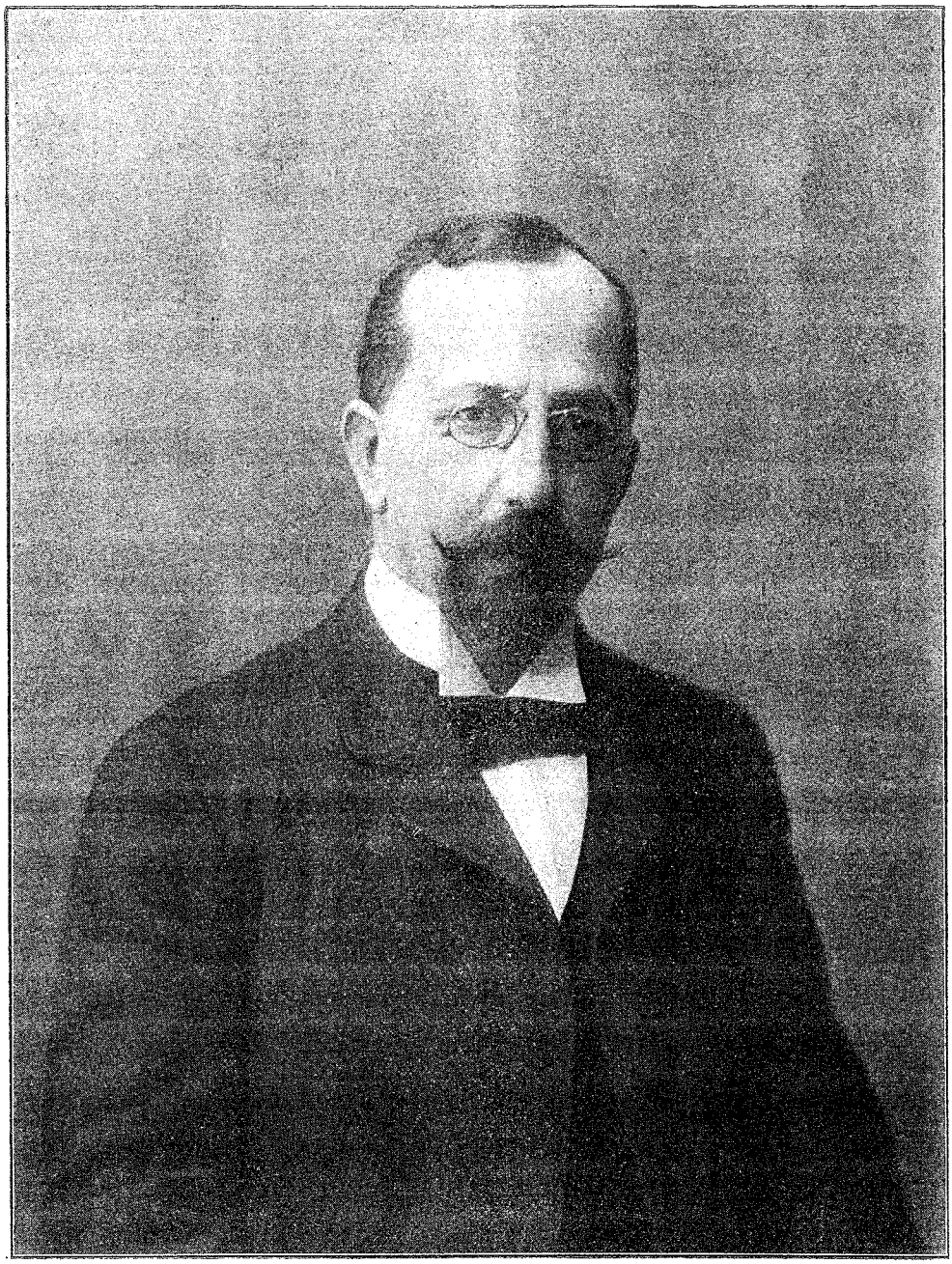
žijoj diskreciji povjerio poslove oko organizacije poznatim zagrebačkim liječnicima Teodoru Wickerhauseru, Miroslavu Čačkoviću i Dragutinu Mašeku, koji su imali tražiti prve profesore, dok se je on sam brinuo za novčana sredstva i za prostorije. Princip je bio da oni gore ništa ne znadu dok fakultet ne počne funkcionirati. Računalo se je time, da se tadanje vlasti neće usuditi ukidati kulturne institucije bilo i jednog malog naroda, pogotovo što se je već onda opažalo, da su stvari pošle lošim putem za tadanju monarhiju. Nakon pristanka Dr. Draga Perovića prosektora bečkog anatomskog zavoda, koji je tada bio mobilizovan i služio kao »oberarct«, zatraži Rojc od tadanjeg komandanta Przemysla generala Lipovšćaka da Perovića pusti iz vojske, što je odmah i učinjeno, Perović bude imenovan suplentom i to na filozofskom fakultetu da se prije vremena ne odadu prave namjere. Koncem godine 1917. počela su upisivanja prvih medicinara na filozofskom fakultetu, a Perović najavi u sveučilišnoj auli svoje prvo predavanje. Tadanji dekan filozofskog fakulteta je i mimo znanja Rojca pozvao na to prvo predavanje sve honoracije zagrebačke što više i predstavnike vojske. Sad se je tek saznalo u Beču, da je osnovan medicinski fakultet. Ban dobije pismo iz Beča od kabinetskog šefa u kome se ovaj čudi, kako se je u Zagrebu mogao osnovati medicinski fakultet, a da o tom nezna ništa ni sam car i kralj. Bilo je prekasno. — Monarhija nije više mogla ni smjela da zabrani daljnji rad oko izgradnje fakulteta i prvi predlozi za imenovanje profesora bili su nakon duljeg oklijevanja potpisani u ljetu iste godine.

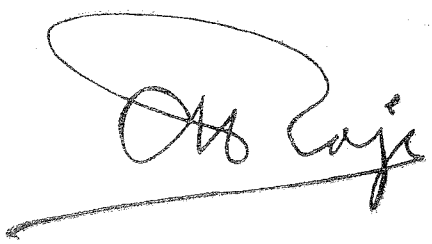
Pitanje zgrada i sredstava bilo je također riješeno. U zgradama plemićkog konvikta i realne gimnazije na Šalati bio je smješten oporavni odio vojske. Da te zgrade dobije za fakultet pošalje Rojc kurira direktno na frontu gen. Borojeviću sa molbom da mu te zgrade odstupi, što je ovaj najspremnije i učinio. Osim toga bio je raspoloživ znatan fond za koji se je decenijama sabiralo u našem narodu. Nadalje dao je Rojc uzakoniti, da se za svrhe medicinskog fakulteta upotrebe još neki drugi fondovi, koji nisu bili formalno direktno namjenjeni u tu svrhu. Slično je kasnije učinio i kod drugh novih fakulteta

Sa medicinskim fakultetom bio je led probijen. U to je došlo oslobođenje i ujedinjenje i Rojc se je dao svom energijom na posao. Kao što su mu kod medicinskog fakulteta pomogle rasklimane prilike u tadanjoj monarhiji, tako mu je kod osnivanja daljnjih naših kulturnih institucija pomoglo ono prvo oduševljenje, elan a pomalo i neuređene prilike kod prelaza u novo stanje. Rojčeva je velika zasluga bila, da je on te prilike znao u punoj mjeri iskoristiti.

Poslije medic. fakulteta dao se je na osnivanje visoke tehničke škole. Župnik marija-bistrički Dr. Juraj Žerjavić poklonio je veliku dvokatnicu kao legat za osnivanje i uzdržavanje visoke tehničke škole, ali to nije dostajalo da se pristupi osnutku iste škole. U to dode početkom god. 1918. k Rojcu predsjednik saveza industrijalaca g. S. D. Aleksander i obeća mu u ime naše industrije 1,000.000.— kruna za osnutak tehnike. Tek na poticaj naše industrije pristupi Rojc k organizaciji te škole.

Kao kod medicinskog fakulteta tako je i kod tehničke visoke škole trebalo riješiti problem zgrada. Tadanja djevojačka stručna škola i jedno krilo obrtne škole služile su za vrijeme rata vojnim svrhama i još nisu bile privedene svojoj prvobitnoj svrsi. Te zgrade je Rojc odmah odredio za tehniku.





Opet je genialnost Tesle pokazala jedino pravilni put, jer je rezonanca stup, koji nosi ovu najmlađu granu elektrotehnike — tehniku visoke frekvence. To mu je bila treća velika ideja.

Da ovdje pripada Tesli prvenstvo vidimo iz napisa jednog od najstarijih pionira elektrotehnike, svjetski poznatog naučnjaka i profesora Geheimrata Dr. Ing. h. c. Görges-a u Dresdenu.

Upotreba električnog titranja sve se više širi. Ne bavi se ona samo sa telegrafijom, telefonijom i prenosom slika, u kratko signalizacijom. Ušla je također u medicinu te osvaja sve više specijalnih grana.

Ljekovitost električnih kratkih valova upoznaje Tesla. Preporučio je i tumačio način upotrebe, sve u doba, kada javnosti nije bilo ništa poznato o ljekovitosti električnih valova. Ne može se danas prosuđivati, u kojem će smjeru medicina još upotrebiti električne kratke valove. Ali stoji, da smo tek na prvome početku razvitka četvrte velike ideje tog majstora elektrotehnike.

Teško bi bilo odrediti, koja je od ovih četiri velikih ideja bila najveća. Kako daleko je Teslin genij već u ono doba, t. j. prije 40 godina upoznao i shvatio važnost, vrijednost i mogućnost razvitka tehnike visoke frekvence, upoznajemo iz napisa poznatog stručnjaka slabe struje Prof. Dr. F. Kiebitz-a u Berlinu, svojevremenog asistenta i saradnika slavnog fizičara Drude-a, koji se je osobito bavio sa Teslinim transformatorima i izumima.

Naveo sam samo četiri, po mojem mišljenju, najveća rada našeg genialnog Tesle, jer je ovim radovima četiri puta pokazao smjer daljnjeg razvitka pojedinih grana elektrotehnike.

Dao je Tesla elektrotehnici svoje, u obilnoj mjeri, tako obilnoj, da danas još nismo možda posvema shvatili svega. Bilo bi vrijeme, da elektrotehnika dade i Tesli ono, što mu pripada: priznanje.

Kratku ovu sliku Dr. h. c. Tesle, koji je bio od svih svijetu poznatih savremenika-elektrotehničara najdalekogledniji, neka završi članak čuvenog našeg stručnjaka i stručnog pisca profesora Dr. teh. Milana Vidmara u Ljubljani.

ÜBERSETZUNG.

Dr. techn. h. c. Nikola Tesla.

... »die Zukunft mag lehren ob dieses neue System den Kampf ums Dasein gegen die alteingebürgerten aufzunehmen im Stande sein wird.«

A. du Bois-Reymond, ETZ 1888 pag. 343: »Neues System von Wechselstrommotoren und Transformatoren von N. Tesla.«

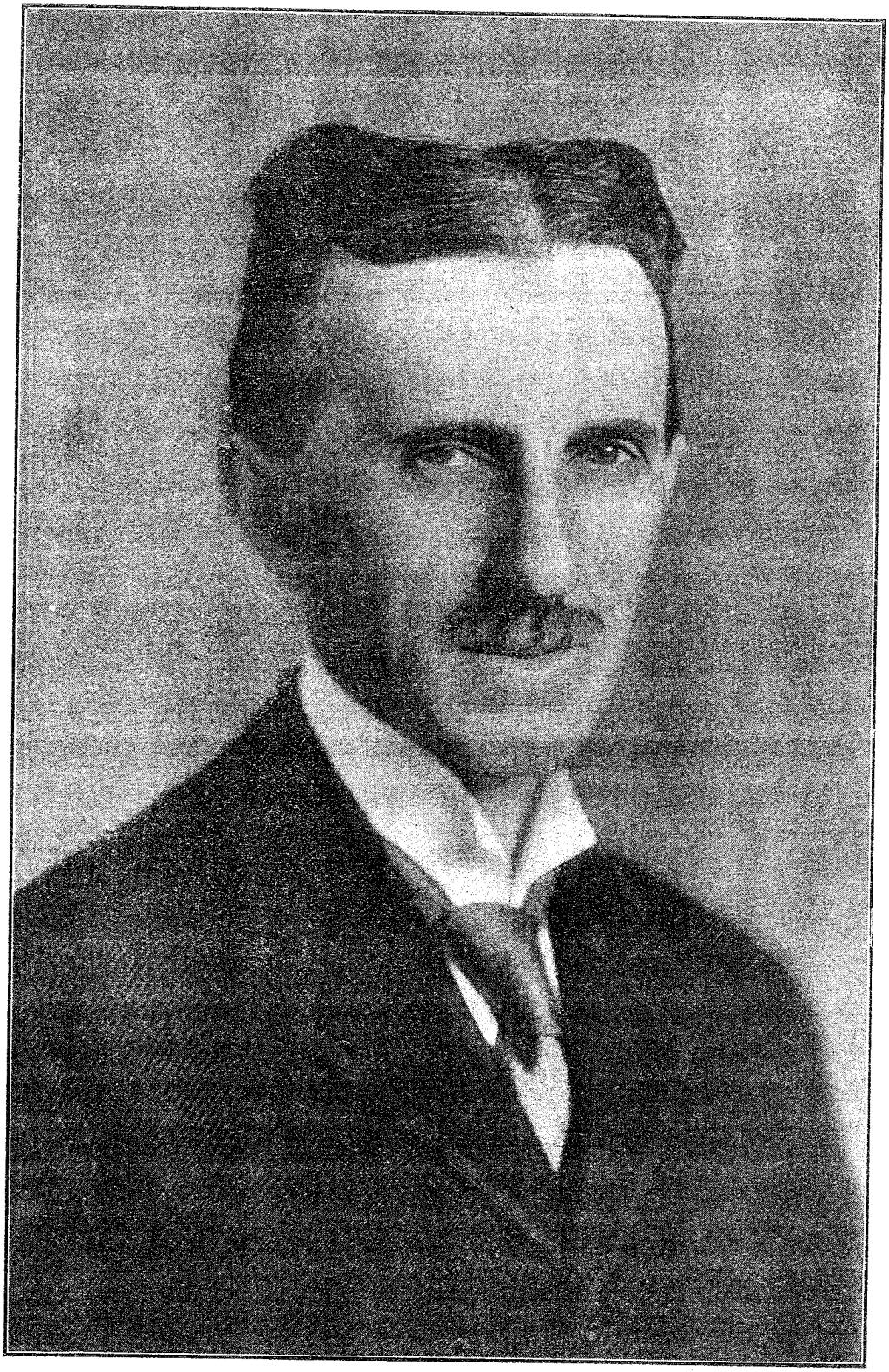
Das neue System der Mehrphasenströme und Motoren trat in den Kampf gegen die alteingebürgerten ein und siegte vollständig.

In diesem Systeme liegen die Grösse und der Wert Nikola Teslas Arbeit, durch welche er der Elektrotechnik den Weg der weiteren Entwicklung wies. Aber nicht nur den Weg. Er legte auch die Fundamente zur weiteren Entwicklung der grossen Idee so breit, dass nur der Ausbau und die Vervollkommung des Drehfeldes und der Mehrphasenströme übrigblieb.

Ein Artikel des Professors der Elektrotechnik C. F. Scott, Yale University, New Haven Connecticut, über diese Arbeit Teslas folgt an späterer Stelle.

Es würde zu weit führen, alle Arbeiten Teslas über Mehrphasenströme anführen zu wollen. Es ist dies auch gar nicht nötig. Das, was bei diesen Arbeiten am meistem verwundern muss, ist die weitsichtige Erkenntnis aller Folgen und die universelle Auffassung des Drehfeldproblems, die den genialen Elektrotechniker die ganz Entwicklung voraussehen liessen.

Es gibt eigentlich nichts Neues, was Tesla nicht schon vor vier Dezennien angedeutet bzw. mehr oder weniger ausführlich in seinen Arbeiten, Vorträgen u. s. w.



Nikola Tesla

erwähnt hätte. In diesem Sinne können wir Tesla den Vater der modernen Elektrotechnik nennen, die fast ausschliesslich mit Mehrphasenströmen arbeitet.

Die zweite grosse Idee war die Anwendung des Öles im Transformator. Es scheint dies nur eine Kleinigkeit zu sein. Doch dem Kenner des Hochspannungs — und Erwärmungsproblems des Transformators ist es vollständig klar, dass erst das Öl die heutige Entwicklung des Transformatorenwesens und der Kraftübertragung im neuzeitlichen Stil ermöglichte.

Wie auf dem Starkstromgebiete, so hat Nikola Tesla auch auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik eine Reihe fundamentaler Erfindungen. Erwähnt soll nur werden der weltbekannte Tesla-Transformator und, dass Tesla als erster die Resonanz in der drahtlosen Telegraphie angewendet hat.

Wieder hat die Genialität Teslas den einzig richtigen Weg gewiesen, denn die Resonanz ist der Grundpfeiler des jüngsten Zweiges der Elektrotechnik, der Hochfrequenztechnik. Dass auf diesem Gebiete Tesla die Priorität zukommt, ersieht man aus dem Artikel eines der ältesten Pioniere der Elektrotechnik, des Gelehrten von Weltruf und Professors Geheimrat Dr. Ing. h. c. H. Görges — Dresden.

Das Anwendungsgebiet elektrischer Schwingungen wird immer grösser. Nicht nur Telegraphie, Telephonie, Bildübertragung u. s. w., kurz Signalisierung ist die Domäne elektrischer Schwingungen geworden, auch die Medizin bedient sich ihrer mit Erfolg.

Wieder war es Tesla, der die Heilkraft elektrischer Wellen erkannte, und ihre Anwendung für therapeutische Zwecke beschrieb. Es lässt sich heute nicht beurteilen, wie die Medizin kurze elektrische Wellen noch anwenden wird. Wir stehen wahrscheinlich erst am Anfang der Entwicklung der vierten grossen Idee.

Wie weit schon vor 40 Jahren Teslas Genius die Wichtigkeit, den Wert und die Entwicklungsmöglichkeit der Hochfrequenztechnik erkannte und erfasste, ersieht man wohl am besten aus einem Artikel des bekannten Schwachstromfachmannes Prof. Dr. Kiebitz — Berlin-Steglitz, seinerzeit Assistent und Mitarbeiter des grossen Physikers Drude, der mit besonderem Interesse Teslas Erfindungen verfolgte.

Tesla hat der Elektrotechnik in reichlichem Masse das Seine gegeben, so reichlich, dass wir vielleich auch heute noch nicht alles richtig erfasst haben. Es wäre wohl an der Zeit, dass auch die Elektrotechnik Tesla gibt was ihm gebührt: die Anerkennung.

Dieses kurze Bild Dr. h. c. Teslas, der von allen bekannten Zeitgenossen-Elektrotechnikern vielleicht der weitschauendste war, möge ein Artikel unseres bekannten Fachmannes und Fachschriftstellers Prof. Dr. techn. Milan Vidmar — Ljubljana beschliessen.

The Contribution of Tesla to Electrical Power Development.

Charles F. Scott.*

If one seeks the all important factor underlying the civilization of the nineteenth century in which the locomotive and the steamship made the world a compact unit and in which the industrial revolution enormously increased productive power and transformed our modes of life, he will find back of it all the steam engine. Steam power supplementing animal power was the motive power underlying the transformations in the civilization of the last century.

And with the new century is coming a new acceleration or even a new industrial revolution. And again it is power, more power, a new kind of power, mobile, flexible, universal power — electric power, which is again transforming our civilization.

To our present method of using electric power Nikola Tesla made an outstanding contribution. The induction motor which is in universal use and the polyphase system by which practically all electric power is now generated and transmitted were revealed in the United States patents granted to Tesla on May 1, 1888. To appreciate the significance of this invention it is essential to consider the state of the art at the time and also to trace its subsequent development. Prior to the introduction of the Tesla methods electric service was on a small scale. Arc lighting required a separate generator and circuit for each group of 50 or 100 lamps. Incandescent lighting was at first supplied by the direct current, three wire system which was so limited in its radius that many independent stations were required for lighting a large city. Electric railways required a different type of generating machinery. Motors were few in number operated sometimes from lighting circuits and sometimes from their own special generators and circuits.

The introduction of the alternating current was a notable step in advance. The use of high voltage for transmission with transformers for reducing the voltage greatly extended the radius of economical distribution and led to a great increase in the use of electricity. But practically the whole use of the current was for incandescent lighting. There was no adequate motor. The alternating current which overcame the limitations of distance could not supply power.

---

* Mr. Scott entered the Westinghouse Company in the summer of 1888 and was assigned as assistant to Mr. Tesla in the early experimental work upon his motor. Mr. Scott continued with the Westinghouse Company for something over twenty years and participated actively in the development of the polyphase system and was intimately connected with the pioneer work at Niagara Falls.

Tesla produced the induction motor adapted for use on alternating current and of marvelous simplicity in its construction and operation. His patents were immediately acquired by George Westinghouse, the outstanding advocate of alternating current. At first there was hope that the new motor could in some way be adapted for satisfactory operation on the existing single phase lighting circuits. But the motor called for polyphase circuits and for a lower frequency. Electric lighting companies hesitated about completely reequiping their generating stations to enable them to furnish auxiliary motor service and the motor, as a matter of fact, did not achieve its large distinction as a mere supplement to lighting service but in a new field of its own creation.

In the early '90s the outstanding electrical development of the world was at Niagara Falls. In the development of an enterprise which contemplated the production of far more power than was produced at any single locality it was found essential that the power be produced by large water wheels of unprecedented size and then distributed over a considerable area. An International Niagara Commission of experts from various countries sought proposals on methods for the distribution of this power. The projects received advocated hydraulic transmission and transmission by compressed air and by electricity, some advocating direct current and one proposal, polyphase alternating current. Lord Kelvin, Chairman of the Commission, and Edison, renowned inventor, strongly urged direct current. Westinghouse did not participate in the competition but later strongly recommended the polyphase alternating current which his company had been perfecting. The Niagara enterprise, after its world wide quest for an adequate power system chose polyphase alternating current, the Tesla system. The Niagara plant of 1895 inaugurated the great step in the transition from the mechanical power in industry of the nineteenth century to the universal electric power of the present. A new method in power was inaugurated. Formerly power was produced locally at each factory by its own water wheel or engine. Now power sufficient for 100 mills or more was to be produced in a central station and distributed. It was to be transmitted and distributed electrically and to great distances. The electric generators of 5000 H. P. were several times larger than had ever been built.

Furthermore, the new polyphase system enabled electric service of all kinds to be supplied from one source instead of requiring the multiplicity of small machines of different types as was then the common practice. These heterogeneous systems and circuits were replaced by one comprehensive system for universal service. This pioneer plan inaugurated at Niagara has been followed; the power systems of the world today and those planning for the future employ the polyphase alternating current — the system proposed by Tesla in 1888. The induction motor, so beautiful in its basic principle and so simple in its mechanical construction, was at first regarded as Tesla's great achievement and the polyphase system was thought of as simply a means of supplying current to the motor. But in the development of electric power the polyphase system as a universal system for generating, transmitting, distributing and utilizing electricity in all forms has made possible the great power development of today. No other method is known for accomplishing what is now being accomplished by this method.

But the real significance lies not in the invention itself nor in the marvelous growth of electric light and power service but in their industrial, economic and social significance. In the last few decades in the United States the horse power used in industry has increased several times as fast as the number of wage earners. Production has enormously increased as workers have used the power which the motor provides. Wages increase, working hours decrease and there is new opportunity for the development of the intellectual, the aesthetic and the spiritual phases of life. Electricity in the factory, in the home and on the farm has produced significant changes in a few decades and in the coming centuries will have influences which are futile to predict.

On May 18, 1917, exactly twenty-nine years ofter Tesla presented his first paper announcing his invention before the American Institute of Electrical Engineers, he was awarded the Edison Medal. The Electrical World editorially commented upon the event as follows:

> "The award of the Edison Medal to Nikola Tesla is most appropriate, in view of the early contibution that he made to alternating-current motors. In order to recognize that contibution, one must go back to the period, thirty years ago, when alternating-current engineering was greatly handicapped by the absence of motors capable of being installed on alternating-current circuits.
>
> "It was at this point that Tesla invented the polyphase alternating-current system and polyphase motors, which, whether of the synchronous or of the asynchronous type, had the advantage of a definite starting torque. It is generally understood that he was not the only inventor of the polyphase motor. The same idea seems to have occurred to one or two other independent inventors in Europe. But not only was Tesla the sole American independent inventor of the polyphase motor, but he was also the only inventor of it in the whole world who had faith in it. He believed in it enthusiastically and urged its claims both publicly and privately. He built the first small polyphase motor, which behaved very satisfactorily, and he urged the building of larger ones. Much experimenting, designing and discarding had to be done before large polyphase motors could be built successfully, and the progress was slow; but Tesla's faith was unshakable and his claims were prophetic. A less enthusiastic nature might have quailed before the discouragements and have allowed success to escape.
>
> "The polyphase motor was not Tesla's only pioneer contribution to electrical progress. He was a tireless experimenter, and his experiments carried him very early into the feild of high-frequency phenomena. He worked first with high-frequency alternators, or alternators which, in 1890, were considered to give high frequency. Later he developed the well known Tesla induction coil, or high-frequency oscillator. With this new source he was able to demonstrate, during 1891 and 1892, in England, France and America, a number of entirely new electrical phenomena which at lower frequencies had been unobtainable. His lectures were given at the Royal Institution in London, the Franklin Institute in Philadelphia, and in various other places. The experimental phe-

nomena he produced were dazzling and classical. They deservedly brought him great renown.

"The high-frequency phenomena which Tesla first developed and displayed had scientific rather than practical interest; but Tesla called attention to the fact that by taking his electric oscillator, grounding one side of it and connecting the other to an insulated body of large surface, it should be possible to transmit electrical oscillations to a great distance, and to communicate intelligence in this way to other oscillators in sympathetic resonance therewith. This was going far toward the invention of radiotelegraphy as we know it today.

"For the above reasons we welcome and acclaim the award to Nikola Tesla which the American Institute of Electrical Engineers has made of its Edison medal. We of this generation are prone to forget great efforts and the unwearying patience which have been necessary in the past to produce those results which are now the every-day electrical common-places of life, and it is well to signalize them, lest the next generation in its turn should forget the results of the pains and labor of this."

Über die Bedeutung Nikola Tesla's für die Elektrotechnik.

H. Görges.

Der Aufforderung, etwas über die Bedeutung Nicola Tesla's für die Elektrotechnik zu sagen, komme ich gern nach, allerdings mit einer Einschränkung. Die eingehende Würdigung der Lebensarbeit und Verdienste eines Mannes, der sich Jahrzente lang mit technischen Problemen beschäftigt hat, erfordert viel Zeit und Arbeit. Ich muß mich daher nach einer Durchsicht der Literatur im Wesentlichen auf das beschränken, was meinem eigenen Arbeitsgebiet nahe liegt und seiner Zeit beim Bekanntwerden besonderen Eindruck auf mich gemacht hat.

Der Name Nicola Tesla's ist in Deutschland mit zwei Erfindungen verknüpft: mit der des Mehrphasenstroms und der der hochgespannten Wechselströme sehr hoher Frequenz.

Der Zweisphasenstrom wurde in Deutschland ungefähr zu gleicher Zeit im Jahre 1888 durch zwei Patente und einen in Electrical World, New-York, erschienen Vortrag Tesla's und durch eine in den Atti della R. Accademia delle scienze di Torino erschienene Abhandlung von Galileo Ferraris über das Drehfeld bekannt. Die Ideen beider Männer ergänzten sich in sehr glücklicher Weise. Während Ferraris von mathematisch-physikalischen Betrachtungen, die denen bei Behandlung der zirkularen Polarisation des Lichtes analog sind, ausging und zugleich eine elementare Theorie des Mehrphasenmotors entwickelte, nahm Tesla zwei Gleichstrom-Maschinen damaliger Bauart, und verband vier regelmäßig verteilte Punkte der Ankerwickelung der einen Maschine mit entsprechenden Punkten der anderen Maschine. So erhielt er ein Zweiphasensystem mit Generator und Motor, bei dem vier Leiter oder bei Zusammenlegung zweier von ihnen drei Leiter notwendig waren. Er erhielt auf diese Weise zunächst eine synchrone Kraftübertragung. In den amerikanischen Patenten war auch ein aus diesem Gedankengang entwickeltes Drehstromsystem mit Sternschaltung enthalten, das sich in natürlicher Weise aus der Verwendung der damals in Amerika weit verbreiteten Thomson-Houston-Maschinen ergab. Die Erkentnis der besonderen Vorzüge des Drehstromsystems müssen wir freilich wohl in erster Linie von Dolivo-Dobrowolsky zuschreiben, wie überhaupt neben den genannten Erfindern noch eine Anzahl anderer, besonders Bradley, Wenström, Shallenberger und Haselwander genannt zu werden verdienen. Bei Tesla sowohl wie bei Ferraris finden wir auch schon den Kurzschlußläufer — bei ersterem in Form eines Ringes mit einer großeren Anzahl kurz in sich geschlossener Windungen, bei Ferraris in Form eines Kupfersvlinders — und damit das Prinzip des asynchronen Mehrphasenmotors. Bei beiden finden wir

auch das Bestreben, die phasenverschobenen Ströme durch Spaltung aus einem einfachen Wechselstrom zu gewinnen.

Das andere Arbeitsgebiet Tesla's betrifft die Erzeugung und Verwendung von Wechselströmen hoher Frequenz und hoher Spannung. Tesla ist wohl einer der ersten gewesen, die Wechselstrommaschinen mit einer Frequenz bis zu 15.000 Per/s gebaut haben, andererseits wusste er aber auch die Resonanz eines Stromkreises mit Kapazität und Selbstinduktion zur Erzeugung von Wechselströmen mit einer Frequenz von 1 Million Per/s und mehr zu verwenden. Bei dieser hohen Schwingungszahl genügte ein Transformator ohne Eisenkern so hohe Spannungen zu erzeugen, mit denen er bis dahin unbekannte Erscheinungen des Glimm- und Büschellichtes, das Aufleuchten einpolig angeschlossener Glühlampen und luftleer gepumpter Röhren, die in das elektrische Wechselfeld gebracht wurden, zeigen konnte und den Nachweis der Ungefährlichkeit solcher Wechselströme hoher Frequenz für den menschlichen Körper erbrachte.

Wenn sich auch die von Tesla an diese Versuche geknüpften weitausschauenden Pläne auf eine Leistungsübertragung durch den Raum ohne Leitungen nicht verwirklicht haben, so gehört doch Tesla zu den Erfindern, die durch ihre Ideen der Elektrotechnik neue Wege gewiesen und ihr starke Anregung gegeben haben.

Nikola Tesla als Pionier der drahtlosen Telegraphie.

F. Kiebitz.

Wenn man in den 90-er Jahren des vorigen Jahrhunderts von hochfrequenten Wechselströmen sprach, so dachte man an die glänzenden Erscheinungen, die Nikola Tesla entdeckt und in vielen ansehnlichen wissenschaftlichen Gesellschaften vorgeführt hatte. Diese Untersuchungen hat im Jahre 1893 Thomas Commerford Martin in einem Buche zusammengestellt, das betitelt ist »Nikola Tesla's Untersuchungen über Mehrphasenströme und über Wechselströme hoher Spannung und Frequenz«; im Jahre 1895 erschien eine deutsche Ausgabe dieses Buches von H. Maser. Noch heute bietet es grossen Reiz, in diesem Werke zu lesen, weil es einem erstaunlichen Reichtum an erfinderischen Gedanken und an experimentellem Können aufweist.

Wohl war die Erzeugung hochfrequenter Wechselströme mit dem elektrischen Funken damals schon seit einigen Jahrzehnten bekannt. Neu war aber bei Tesla die Transformation auf hohe Spannungen; und darum bezeichnen wir noch heute die hochgespannten hochfrequenten Wechselströme mit Recht als Teslaströme.

Die Transformation der Schwingungen erfolgte in dem allbekannten Teslatransformator; dieser stellt die erste technische Anwendung jener Gebilde dar, die wir heute als Systeme gekoppelter elektrischer Schwingungskreise bezeichnen. Die nächste technische Anwendung sind die funkentelegraphischen Sender gewesen. Am besten ist dieser Zusammenhang in den Untersuchungen zum Ausdruck gekommen, die Paul Drude in den Jahren 1902 bis 1905 veröffentlicht hat. Schon in früheren Jahren hatte Drude Teslatransformatoren benutzt, um die Funkenstrecken wirksam zu betreiben, mit denen er Wellen von einigen Dezimetern Länge herstellte; die späteren Untersuchungen führte Drude im Physikalischen Institut in Giessen aus; sie erstreckten sich auf Amplitude, Frequenz und Dämpfung der Schwingungen, auf funkentelegraphische Sender und Teslatransformatoren, alles unter dem einheitlichen Gesichtspunkt der Vorgänge in gekoppelten elektrischen Schwingungskreisen behandelt; und im Jahre 1906, kurz vor seinem früheren tragischen Ende, hatte er sich diesen Untersuchungen erneut zugewandt. In diesen Forschungen hat Drude die Vorstellung durchgeführt, dass die Vorgänge im funkentelegraphischen Sender denselben Gesetzen gehorchen wie die Schwingungen im Tesla-Transformator, dass also die Sender der drahtlosen Telegraphie mit Teslaströmen arbeiten.

Die Funkenmethode ist aber nicht das einzige Verfahren, das Tesla zur Schwingungserzeugung angewandt hat; er hat auch mit Gleichstrom gespeiste Lichtbögen im Magnetfeld benutzt, also jene Methode, die später

Poulsen zu grosser Vollkommenheit durchgebildet hat; und mit eisenarmierten Maschinen hat Tesla Hochfrequenzströme von 30.000 Wechseln in der Sekunde erzeugt, lange ehe die drahtlose Telegraphie erfunden war.

Der Gesichtspunkt, von dem sich Tesla bei seiner Erforschung der hochfrequenten Ströme vornehmlich leiten liess, war ihre Verwendung für beleuchtungstechnische Zwecke. Hier ist zwar die Entwicklung andere Bahnen gegangen; aber Tesla hat auch andere Anwendungsgebiete ins Auge gefasst. So bespricht er in einem Aufsatz »Massage mit Strömen von hoher Frequenz« (Seite 402 bis 404 des oben erwähnten Buches) die Möglichkeit, seine Ströme für therapeutische Zwecke zu verwenden, wie das heute in den Hochfrequenzheilgeräten üblich geworden ist; bezeichnender Weise beginnt er diesen Aufsatz mit dem folgenden Satze: »Die vorliegende kurze Mitteilung wird, hoffe ich, nicht als ein Versuch meinerseits gedeutet werden, mich als »Wunderdoktor« aufzuspielen, da ein ernsthafter Forscher nichts mehr verabscheuen kann, als den Missbrauch und den Schwindel, der mit der Elektrizität getrieben wird und von dem wir alltäglich Zeuge sind«.

Die Möglichkeit, mit Tesla strömen drathtlose Telegraphie zu verwirklichen, hat er klar erkannt; ja er hat eine innere Notwendigkeit für eine solche Anwendung mit aller Deutlichkeit empfunden. Dies geht aus vielen Stellen jenes Buches hervor, am besten aus einer Abhandlung »Über elektrische Resonanz«. Dort ist auf Seite 355 ein Bild gezeichnet (Fig. 185), das die Erdoberfläche darstellt; an einer Stelle C ist eine Platte vergraben, sie ist durch einen senkrechten Draht s mit einer isolierten Platte P verbunden; es ist also das gezeichnet, was wir heute als Antenne und Erdleitung bezeichnen; und in einiger Entfernung erscheint dieselbe Anordnung für Empfang. In der Bechreibung sagt Tesla: »Man nehme an, dass eine Wechselstromquelle, wie in Fig. 185, mit einem ihrer Pole an die Erde (zweckmässig an die Wasserleitungen) und mit dem andern an einen Körper von grosser Oberfläche P angeschlossen sei. Wenn eine elektrische Welle erzeugt wird, so wird innerhalb und ausserhalb von P eine Elektrizitätsbewegung stattfinden, und es werden Wechselströme durch die Erde gehen ... Bis zu welcher Entfernung eine solche Schwingung wahrnehmbar gemacht werden könnte, lässt sich nur vermuten ... Theoretisch würde daher kein grosser Energiebetrag erforderlich sein, um eine auf grosse Entfernung oder selbst über die ganze Oberfläche der Erdkugel wahrnehmbare Störung zu erzeugen. Nun ist es ganz sicher, dass an jedem Punkt innerhalb eines gewissen Radius von der Stromquelle S ein Apparat mit zweckmässig regulierter Selbstinduktion und Kapazität durch Resonanz in Tätigkeit gesetzt werden kann ... Ich halte es für unzweifelhaft möglich, elektrische Apparate in einer Stadt vermittelst der Erde oder des Rohrnetzes durch Resonanz von einem an einem centralen Punkte aufgestellten Oscillator zu betreiben. Die praktische Lösung dieses Problems aber würde für die Menschheit von unvergleichlich geringerem Nutzen sein, als die Verwirklichung des Problems der Gedanken- oder vielleicht auch Kraftübertragung auf irgend eine Entfernung vermittelst der Erde oder des umgebenden Mediums. Wenn dies überhaupt möglich ist, so hat das Wort Entfernung jede Bedeutung verloren. Zunächst müssen geeignete Apparate geschaffen werden, mittelst deren das Problem in Angriff genommen werden kann, und diesem Gegenstande habe ich viel Nachdenken gewidmet. Ich

bin fest überzeugt, dass es möglich sein wird, und ich hoffe, dass wir die Ausführung desselben noch erleben werden«.

Heute freuen wir uns, mit dem grossen Forscher die Verwirklichung der Möglichkeiten zu erleben, die er bereits vor 40 Jahren in klarer Erkenntnis vorausgesehen hat, und deren technische Grundlagen wir ihm zum nicht geringen Teile verdanken.

Berlin-Steglitz, 6. März 1930.

Nikola Tesla.

M. Vidmar.

Naša zemlja, prirodnih virov energije bogata, tujih izkoriščevalcev šele kratko desetletje osvobojena, nima pomembne lastne industrije. Krvaveča iz številnih ran dolgoletnih vojn, je zastala za zapadnimi državami Evrope, ki stoletja uživajo blagoslov neodvisnosti.

Nikjer se ne kažejo posledice težkih časov, ki smo jih skoraj prav do danes Jugoslovani živeli, tako frapantno, kot v sliki elektrikacije zemlje. Električna luč je mogočen faktor civilizacije. Knjige se čitajo pri luči. Ni je pa izdatnejše luči kot je električna. Električni tok je odločilen faktor industrijalizacije. Moderni tovarniški obrati rabijo pred vsem električne motorje. Naša zemlja ima neverjetno malo električnih žarnic in zelo malo električnih motorjev.

V zapadni Evropi, na pr. v Švici, potroši vsak prebivalec na dan okroglo eno kilovatno uro električne energije samo v svojem stanovanju. To da skoro 400 kilovatnih ur na leto. Jugoslovan pa potroši privatno šele 8 kilovatnih ur na leto.

Številke so porazne. Na teh številkah stoji sodba zapadne Evrope o nas in o naši zemlji. Za temi številkami se šopiri mnenje, da nismo zmožni prepotrebnega napredka iz lastnih glava in iz svojih moči. Za žalostno statistično sliko se skriva domneva, da zapadne dobrine samo prejemamo, da smo pasiven del Evrope.

Nihče ne misli na to, da so nas tlačili Nemec, Madžar in Turek. Nihče ne prizna, da inteligentnemu Jugoslovanu ni bilo dano delati doma za svoj rod, dokler mu ni zasijalo solnce svobode. Nihče ne sluti, da smo izročili več kot smo prejeli, da smo baš v razvoju elektrotehnike s svojimi odličnimi glavami sodelovali presenetljivo uspešno, da so prav odlični uspehi elektrotehnike naši.

Mihajlo Pupin je s svojim izumom sploh omogočil telefoniranje na velike daljave. Mihajlo Pupin je Jugoslovan. Iztrgal se je iz okovov tlačene zemlje, postal profesor na njujorški univerzi, ostal pa je naš.

Profesor Franjo Hanaman je dal elektrotehniki wolframno nitko za žarnice. Jugoslavija mu je omogočila življenje doma. Ostal je na univerzi v Zagrebu. Kje bi bila danes tehnika električnih žarnic brez njega.

Leta 1856 se je v selu Smiljanu pri Gospiću rodil Nikola Tesla. Tudi on ni zdržal nesvobodnega življenja na domači grudi. Kakor Pupin je tudi on odšel v deželo svobode — v Ameriko. Posvetil se je elektrotehniki, položil glavne temelje tej novi tehnični stroki, sipal dolgo let kolosalne ideje in postal najmodernejši tehniki pijonir kot jih je bilo malo, zelo malo.

Po prvem desetletju svobode lahko polagamo račune pred Evropo, ki nas še vedno gleda s kritičnimi očmi. Dolžnost nam je, da ji poka-

žemo, kaj smo dali, ko so nam bile zvezane roke in s ponosom lahko vprašamo: K d o j e d a l v e č?

Te vrstice naj bodo posvečene N i k o l i T e s l i. Nimam namena, da bi pisal suhoparno biografijo. Ne zdi se mi važno, naštevati T e s l i n e patente in iznajdbe. Povedati hočem samo, kaj pomeni T e s l a elektrotehniki, zasigurati mu mesto, ki mu gre i podati hočem resnično, objektivno sliko ogromne prebojnosti te izredne glave, ki je jugoslovanska glava.

Za naš inženjerski naraščaj, pa tudi sploh za našo mlado inteligenco, je pogled na N i k o l o T e s l o več kot tolažilen. Kaže nam, da smo bili na višku, ko smo bili v stiski, prepričava nas, da smemo računati sami s seboj in utrjuje nam vero, da je bodočnost naša, ker je naša preteklost slavna.

Tehnična literatura govori razmeroma malo o N i k o l i T e s l i. Tudi pravična mu ni. Literarne objektivne slike o vlogi T e s l e v razvojni dobi elektrotehnike zadnjih treh desetih let še nimamo. Preblizu smo mu po času. Obsežen pregled ogromne panoge tehnike, ki ji je Tesla dal tako obilnih impulzov, je težak.

T e s l o more pravilno ceniti le tisti, ki z visoke razgledne točke zre na elektrotehniko. Drzno je si to možnost lastiti. Poklic je avtorja teh vrstic do gotove meje primoral, da se peča z elektrotehniko v celoti. Poskus, da govori o N i k o l i T e s l i, mu je torej mogoče dovoljen.

Avtorju ni bilo usojeno, da bi osebno spoznal N i k o l o T e s l o. Na svojem potovanju v Zedinjene Države Severne Amerike leta 1927 je pač imel srečo, da je preživel nepozaben večer v družbi M i h a j l a P u p i n a. Nikole T e s l e ni videl. Mogoče je bolje tako. Mogoče bo slika T e s l i n a, ki je v avtorjevi glavi nastala po dolgih letih intenzivnega teoretičnega in praktičnega studija elektrotehnike, čistejša.

T e s l e ne moremo spraviti v normalen okvir uspešnega velikega elektroinženjerja. T e s l a je pesnik elektrotehnike, umetnik, če hočete. T e s l a je bil prepoln idej, da bi mogel opravljati normalno delo inženjerja. Njegova intuicija je kolosalna, njegov pogled v naravne skrivnosti strašen. Ta glava — svet ji je bil preozek, ta fantazija — podjetnost Amerikancev ji je bila preslabotna. T e s l a je oplodil mlado elektrotehniko tako intenzivno, da šele v tem dejstvu najdemo razumevanje za neverjetni razvoj zadnjih desetletij.

T e s l a je zrasel iz tal, ki so mu bila prešibka. Pohitel je v svet, vrgel se ustvarjajoče na delo, zadeval pa povsed na ovire ljudi, ki ga niso mogli doumeti. Prišel je kot vihar, zagrabil sodobni svet, ki mu je težko sledil, drvel naprej, ne oziraje se na okolico, na normalne ljudi, ki so stopali počasi. Cela vrsta kolosalnih idej njegovih je užgala v pravem trenutku, ko je svet na nje čakal, nebroj idej je prišlo prerano. Še danes nismo čisto zreli za T e s l o.

Studiral je v Graz-u in v Pragi. Kratek čas je preživel v Budimpešti kot mlad inženjer. Telefon, ki naj bi se bil z njim pečal, mu ni bil dovolj interesanten. Pohitel je v Pariz.

Kmalu na to ga vidimo v Ameriki. V E d i s o n-ovem laboratoriju ga najdemo. Toda kako naj živita E d i s o n in T e s l a pod skupno streho? Dve taki glavi. Nemogoče. T e s l a si uredi svoj lastni laboratorij, fantazira, eksperimentira, išče, odkriva in izumeva sam. Svoboden, izoliran, neoviran.

Bilo mu je jedva 33 let, ko ga je srce prvikrat speljalo v domovino. Takrat je bil pa že vrgel v svet cel šop novih idej, aktualnih in neaktualnih. Tri leta kasneje je moral v Engliji predavati v najodličnejših krogih strokovnjakov o teh svojih idejah.

Koncem osemdesetih let se je pripravljala v mladi elektrotehniki prva velika kriza. Dozorela je do viška leta 1891 in slovita elektrotehniška razstava v Frankfurt-u ji je pomagala do izbruha. Ta usodna leta so nerazdružljivo vezana na T e s l i n o ime. Ogromni pomen takratnega vpliva T e s l e na nadaljni razvoj elektrotehnike se pokaže pač šele tedaj, ko pogledamo temeljito v notranjost omenjene krize, v bistvo viharnega boja med enakomernim in izmeničnim tokom, boja, ki je vanj zasekal T e s l a s svojimi idejami in ga odločil.

Elektrotehnika je začela z dajanjem signalov na velike razdalje, s telegrafom in telefonom. Zagrabila je najprej presenetljivo brzino električnega toka in izkoristila jo je z ogromnim uspehom. Skoro bi bil nepričakovani preobrat v občevanju na velike razdalje odvrnil pozornost od drugih prednosti električnega toka ter od izredne gibčnosti električne energije.

E d i s o n je pravzaprav omogočil tehniko jakih električnih tokov. E d i s o n-ova žarnica je odprla nove perspektivne. Starejše električne obločnice niso mogle popularizirati električne luči. Žarnica jo je.

Začele so se graditi male električne naprave za razsvetljevanje. Potrebni so postali električni generatorji, z njimi aparati in instrumenti. Civilizirani svet je krenil v novo smer. Začetkom osemdesetih let so se začele pojavljati elektrotehnične tovarne.

Razumljivo je, da je elektrotehnika pričela z enakomernim tokom. Naši vodni toki so ji bili vzor. Na dlani so ležale prednosti toka, ki drži svojo smer in svojo jakost. Da so generatorji za enakomerni tok delali težave, ni motilo. Ob početku je vse bilo težko.

Električna luč je fascinirala ljudi. Vse je hotelo imeti žarnice. Večja mesta so si stavila graditev elektrarn v svoj program. Generator električne centrale je moral preskrbovati vedno večji okoliš.

Ni trajalo dolgo, pa se je pokazalo, da ni lahko preskrbovati konsumentov na večje razdalje. Električni vodi so požirali velike energije. Toliko več, kolikor jačji so bili toki v njih. Problem prenosa električne energije je rasel iz tal. Leta 1885 je madžarska trojica B l á t h y - D é r i - Z i p e r n o w s k y presenetila svet s transformacijo električne energije. Rešila je ž njo na en mah problem prenosa električne energije, rešila ga je pa samo za izmenični tok. Enakomerni tok je ostal neokreten, ostal je tak do danes.

Seveda se je takoj vnel srdit boj med enakomernim in izmeničnim tokom. Prvi, neokreten pa soliden, je obetal dobro luč in dobre motorje. Drugi, gibek, opasen, je kazal v daljavo. Ni se mogel ponašati z dobrimi motorji.

V usodnem momentu, na višku boja, je T e s l a udaril s svojimi patenti za večfazne izmenične toke. Dokazal je, da enostavni izmenični tok ni napredek, baš zato, ker za motorje ni prikladen. T e s l a je takoj prinesel tudi večfazni asinhronski motor, sigurno eno največjih iznajdb, gotovo najusodnejšo rešitev aktualnih velikih problemov elektrotehnike.

Razvoj elektrotehnike je ob koncu preteklega stoletja stopil popolnoma v pot, začrtano od T e s l e. Večfazni izmenični tok je postal brzo gospodar elektrarnam, asinhronski motor pa motor tovarnam in obrt-

ništvu. V gigantskem zaletu je elektrotehnika osvojila pod T e s l i n i m praporom civilizirani svet. Tudi danes sta večfazni, takozvani vrtilni tok in asinhronski motor mogočna stebra mogočne panoge elektrike.

Če T e s l a ne bi bil dal drugega kot pravo tehnično idejo večfaznega izmeničnega toka in pa idejo asinhronskega motorja, bi ostal oče moderne tehnike jakih tokov. Da je prinesel te dve ideji baš v pravem trenotku, je usoda njegova in nas vseh. Da je že kot mlad inženjer v Budimpešti imel vizijo vrtilnega polja, te čarobne lastnosti večfaznega toka, je najboljši dokaz, da je živel svoje elektrotehnično življenje v svojem tempu, da mu je bil prirojen poseben dar globokega pogleda v tajnosti narave, da njegovi intuiciji v zgodovini elektrotehnike ni primere.

Štirideset let po porodu T e s l i-nega večfaznega toga in njegovega asinhronskega motorja prepregajo električni daljnovodi že z ogromno napetostjo 380.000 voltov cele države. Enakomerni tok je tudi danes še prikovan na najbližjo okolico centrale, ki ga proizvaja. Vrtilni toki pa segajo stotine kilometrov daleč.

Danes je T e s l i n trofazni indukcijski motor na delu v neštetih tovarnah, v neštetih delavnicah obrtnikov. Patenti Tesle so potekli, v Nemčiji so bili že v prvih letih razveljavljeni radi nerodnosti zastopnika, ki mu je bila poverjena izraba. Ves civilizirani svet uživa plodove teh dveh fundamentalnih iznajdb.

Tako življensko delo mora biti užitek. Na take uspehe Jugoslovana moramo biti ponosni. Baš mi Jugoslovani jih pa v krogu civiliziranih narodov uživamo najmanj. Za tisto malo, kar smo prejeli iz zapada, smo dali T e s l o.

Zdi se mi popolnoma naravno, da je elektrotehnika jakih tokov T e s l i postala naenkrat neinteresantna, ko ji je z dvema udarcema usmeril pot. Nemirna njegova glava je zagledala takoj razvoj brez emocij, razvoj vedno večjih dimenzij, toda istih osnovnih idej. Zagledala je mirno sistematično delo, delo, ki ga lahko opravljajo marljivi, izvežbani inženjerji, ki jim bujna fantazija ni potrebna.

Če je T e s l a še razmišljal o problemih jakih tokov, ko je že imel večfazne sisteme, vrtilno polje in asinhronski motor, je sigurno obstal samo še za hip, ko mu je postalo jasno, da mora priti do visokih napetosti radi prenosa energije na velike razdalje.

Znano je, da je dosti eksperimentiral z visokimi napetostmi. Iz leta 1891 imamo njegov patent na izoliranje z mineralnim oljem. V nezmotljivem instinktu je zadel pravo. Naši veliki transformatorji modernih električnih central bi bili nemogoči brez mineralnega olja, ki dobro hladi in izvrstno izolira. Brez transformatorjev pa bi se zrušil ves sistem izmeničnega toka. Steber transformacije, ki drži poleg stebrov večfaznega toka in asinhronskega motorja velikansko stavbo moderne tehnike jakih tokov ni T e s l i n. Toda T e s l a ga je šele definitivno fundiral s svojim patentom na izoliranje z mineralnim oljem.

V tej začrtani sliki o vlogi T e s l e v razvoju tehnike jakih tokov manjkajo seveda detajli, črtice in okraski. Predaleč bi zašel, če bi hotel govoriti o podrobnostih T e s l i-nega dela. Zdi se mi pa tudi, da bi pomen in dimenzije T e s l e ne prišle do pravilnega izraza, če bi povedal več.

D a l e k o p a n i z u s p e h i v p a n o g i j a k i h t o k o v i z č r p a n, i z m e r j e n c e l T e s l a. Drugi, skoro vznemirljivi del njegovih idej je še danes neprebavljen. T e s l a je ustvaril, to se pač mirno

lahko reče, panogo visokih frekvenc, panogo brezžične telegrafije in telefonije.

Tesla se je razočaran odvrnil od tehnike jakih tokov, ker ji je dal vse, kar je potrebovala za pol stoletja, mogoče celo za več. Videl je, da nihajoči izmenični tok dovoljuje transformacijo in s tem velike dimenzije električnih naprav. Videl je pa tudi, da več kot 50 nihanj v sekundi ta tok za praktične potrebe ne potrebuje.

Seveda ga je fantazija gnala preko teh skromnih 50 perijod v sekundi. Konstruiral si je že v devetdesetih letih generator za 35000 perijod. Dognal je dejstvo »kožnega pojava«, fenomena, ki smo ga praktično opazili še le pred 20-imi leti v naših konstrukcijah. Konstatiral je, da ta pojav omogoča porabo visokofrekvenčnih tokov v medicini.

Tesla je spoznal, da visoko število perijod omogoča dragoceno prenašanje električnih impulzov v daljave brez žice. Bil je prvi, ki je napovedal telefoniranje brez žice. V duhu je videl že v devetdesetih letih razvoj, ki je v zadnjih letih še le pričel, videl je gotovo že stvari, ki bodo prišle, mogoče v desetih, mogoče v sto letih.

Kaj vse je Tesla patentiral v panogi visokih frekvenc tega ni mogoče našteti. Koncem preteklega stoletja je eden njegovih amerikanskih prijateljev izdal celo knjigo teh patentov. Značilno je, da ta knjiga še danes služi kot zanesljivo sredstvo vsakokrat, če je treba upropastiti kak novo prijavljeni patent panoge žične telegrafije in telefonije.

Visokofrekvenčna tehnika je danes približno tam v svojem razvoju, kjer je bila tehnika jakih tokov proti koncu preteklega stoletja. Položene ima glavne temelje in začrtano ima pot razvoja. Intenzivno delo leži na tej poti v bodočnost, to delo bo zopet opravila cela generacija inženjerjev, kot je opravila delo tehnike jakih tokov.

Vodilne ideje bodo sigurno ostale. Indukcija na velike razdalje je praktično brez dvoma mogoča le z zelo visoko frekvenčnimi toki. Izrabo induciranih napetosti na veliko razdaljo ovirajo sigurno samo induktivni upori. Ti upori se pa dajo, premagati edinole z rezonanco.

Tesla je odkril skrivnostni indukcijski vpliv visokofrekvenčnih tokov v daljavo. Praktično vsaj. Tesla je našel rezonanco kot neprekosljivo sredstvo izrabe brezžično induciranih napetosti.

Izgleda po vsem tem, da je Tesla tudi novejšo panogo elektrotehnike, ki v zadnjem desetletju drvi preko civiliziranega človeštva kakor vihar, odločilno usmeril prav tako, kakor je usmeril pred 40 leti tehniko jakih tokov.

Istina je, da sodimo o visokofrekvenčni tehniki in o Teslinih uspehih za njo težje, kakor o vlogi Tesle v tehniki jakih tokov. Preblizu smo še začetku razvoja brezžične telegrafije in telefonije. Sigurno pa je, da bo pomen Tesle samo še zrastel. Dosti važnih stvari še ne vidimo.

*

Skrivnostni svet elektromagnetizma se odpira presenečenemu človeštvu bolj in bolj. Najgloblje je v ta svet brez dvoma pogledal veliki fizik Faraday. Njegove slike, čudovite po ustroju in pestrosti je Maxwell vlil v matematične forme, obsežne in definitivne.

Spoznavni del študija elektromagnetizma je z delom Maxwellovim pač zaključen. Praktična izraba teorije elektromagnetizma je pa seveda potrebovala drugih glav, drugače usmerjenih, zmožnih kombiniranja,

ustvarjanja. Med temi ustvarjajočimi glavami stoji Teslina brez vsakega dvoma na odličnem, mogoče na najodličnejšem mestu.

T e s l a ni fizik in pravzaprav ni inženjer. T e s l a se ne briga za to, kar je, in ne upravlja tega, kar je nastalo. T e s l a ustvarja. T e s l a ne raziskuje narave kot znanstvenik in se ne da uklepati v okove urejenega vsakdanjega tehničnega dela. Nemirni duh njegov išče svobode, novega življenja.

Iztrgal se je rodni grudi, otresel se je gospodarjev, znebil ljudi, ki so ga le ovirali, ušel jim je s svojimi eksperimenti in mislimi v divje pečine Rocky-Mountains. Če biva v New-York-u, ga nemir žene v njegov laboratorij na vrh nebotičnika, kjer se povzpne nad neprijetnosti vsakdanjega življenja.

Devetnajsto stoletje nima primere v zgodovini človeštva. Izgleda, da je razvoj krenil v čisto novo smer. Temu nemirnemu stoletju je nastop elektrotehnike dal zelo karakterističen zaključek.

V soparni atmosferi vstajenja jugoslovanske zemlje se je vtrgal blisk, ki je čarobno posvetil v nekaj novega, dragocenega za ves civilizirani svet, ki je z ogromno silo začrtal linijo na nebu bodočnosti človeškega rodu. Ta blisk se je užgal na naših tleh — v naši kršni Liki.

O periodičkim rješenjima Mathieuove diferencijalne jednadžbe.

Željko Marković.

1. Mathieuova diferencijalna jednadžba, koja se je pojavila prvi puta u problemima matematičke fizike i kojoj je područje primjene, kao i njoj srodnim jednadžbama, već vrlo znatno te se stalno uvećava,[1] pripada među linearne diferencijalne jednadžbe s periodičkim koeficijentima, dakle u tip, za koji se može očekivati, da će iza tipa jednačaba s konstantnim koeficijentima imati naročito jednostavna svojstva. Za rješenja Mathieuove diferencijalne jednadžbe,[2] kao u ostalom i za mnogo općenije tipove, pokazuje se uistinu da se može izraditi teorija, koja teče paralelno s teorijom cirkularnih funkcija, te bitne činjenice toga jednostavnog slučaja poopćene ulaze i u teoriju naših funkcija. Ovdje ćemo se naročito pozabaviti s periodičkim rješenjima Mathieuove diferencijalne jednadžbe. Navedavši relacije iz opće teorije Mathieuovih funkcija, koje će nam trebati u daljnjem razmatranju, dat ćemo nov dokaz za nemogućnost postojanja dvaju periodičkih rješenja te jednadžbe linearno nezavisnih, perioda π ili 2π direktnom diskusijom sustava od beskonačno mnogo linearnih jednačaba s beskonačno mnogo nepoznanica te jednostavan dokaz za mogućnost postojanja parova takovih periodičkih funkcija, čim je period veći od 2π.

Zadata je dakle jednadžba

$$\frac{d^2x}{dt^2} = (q + q_1 \cos 2t)\, x = \psi(t)\, x, \tag{1·1}$$

gdje su q i q_1 realni parametri.

Promotrimo dva partikularna integrala jednadžbe (1·1) $s(t)$ i $c(t)$ definirana početnim uvjetima

$$\begin{aligned} s(0) &= 0 & c(0) &= 1 \\ \dot{s}(0) &= 1 & \dot{c}(0) &= 0\,; \end{aligned} \tag{1·2}$$

funkcija $s(t)$ je liha, $c(t)$ tâka te tvore jedan osnovni sustav i zadovoljavaju relaciju

$$c(t)\,\dot{s}(t) - s(t)\,\dot{c}(t) = 1\,. \tag{1·3}$$

[1] Vidi na pr. P. Humbert, *Fonctions de Lamé et Fonctions de Mathieu.* Mémorial des sciences Mathém. X. Paris, 1926. — B. Van Der Pol and Dr. M. I. O. Strutt, *On the stability of the solutions of Mathieu's equation.* Philosoph. Magazin, Vol. V. Jan. 1928.

[2] Dr. Ž. Marković, *O Mathieuovim funkcijama perioda* π. — „Rad" Jugoslav. Akad. knj. 232. i 234. i „Izvješća" sv. 21.

Budući da prelaz od varijable t na $n\pi + t$ ili $n\pi - t$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ ne mijenja jednadžbe (1·1), zadovoljavaju funkcije $s(n\pi + t)$, $c(n\pi + t)$, $s(n\pi - t)$, $c(n\pi - t)$ također jednadžbu (1·1); izrazivši ih s pomoću funkcija $s(t)$ i $c(t)$ imamo formule

$$
\begin{aligned}
s(n\pi + t) &= s(t)\, \dot{s}(n\pi) + c(t)\, s(n\pi), \\
c(n\pi + t) &= c(t)\, c(n\pi) + s(t)\, \dot{c}(n\pi), \\
s(n\pi - t) &= c(t)\, s(n\pi) - s(t)\, \dot{s}(n\pi), \\
c(n\pi - t) &= c(t)\, c(n\pi) - s(t)\, \dot{c}(n\pi).
\end{aligned} \tag{1·4}
$$

Iz posljednje izlazi za $t = n\pi$ isporedbom s (1·3) za isti argumenat

$$
\dot{s}(n\pi) = c(n\pi), \tag{1·5}
$$

relacija, koja ujednostavnjuje račune s tima funkcijama.

Riješivši prve dvije relacije (1·4) po $s(t)$ i $c(t)$, koje ulaze u njih linearno, i uzevši u obzir (1·5) imamo identitete

$$
\begin{aligned}
s(t) &= s(n\pi + t)\, c(n\pi) - c(n\pi + t)\, s(n\pi), \\
c(t) &= c(n\pi + t)\, c(n\pi) - s(n\pi + t)\, \dot{c}(n\pi).
\end{aligned} \tag{1·6}
$$

2. Od različnih relacija, koje postoje među funkcijama $s(t)$ i $c(t)$,[1] trebat će nam kasnije relacija

$$
\dot{s}(t)\, \dot{c}(t) = \psi(t)\, s(t)\, c(t) - \int_0^t s(\xi)\, c(\xi)\, \dot{\psi}(\xi)\, d\xi, \tag{2·1}
$$

koja se dobije, kad se jednadžba $\ddot{s} = \psi s$ pomnoži s $\dot{c}$, a $\ddot{c} = \psi c$ sa $\dot{s}$ i integrira parcijalno zbroj tih produkata, i relacije

$$
\begin{aligned}
s(t)\, \dot{s}(t) - \int_0^t \dot{s}^2(\xi)\, d\xi &= \int_0^t \psi(\xi)\, s^2(\xi)\, d\xi, \\
c(t)\, \dot{c}(t) - \int_0^t \dot{c}^2(\xi)\, d\xi &= \int_0^t \psi(\xi)\, c^2(\xi)\, d\xi,
\end{aligned} \tag{2·2}
$$

koje izlaze množenjem jednadžbe $\ddot{s} = \psi s$ sa s, dotično $\ddot{c} = \psi c$ s c, i parcijalnom integracijom.

Isto ćemo tako upotrijebiti i činjenicu, da produkat $y = s \cdot c$ zadovoljava linearnu diferencijalnu jednadžbu trećega reda

$$
\frac{d^3 y}{dt^3} = 4\psi(t)\, \frac{dy}{dt} + 2\dot{\psi}(t)\, y \tag{2·3}
$$

i početne uvjete $y(0) = 0$, $\dot{y}(0) = 1$, $\ddot{y}(0) = 0$.

3. Budući da je u diferencijalnoj jednadžbi (1·1) koeficijenat $\psi(t)$ periodska funkcija perioda π, može ona imati za izvjesne vrijednosti parametara q i q_1 periodičkih rješenja perioda π ili mnogokratnika od π. No ima jedan slučaj gdje je egzistencija periodičkih rješenja a priori nemoguća; pri tome je dovoljno

[1] L. c. [2].

da se to pokaže za funkcije osnovnog sustava $s(t)$ i $c(t)$. Da funkcija $s(t)$ bude periodička funkcija perioda π, nužno je i dovoljno s obzirom na (1·2) da je $s(\pi) = 0$, $\dot{s}(\pi) = 1$, a za $c(t)$ da je $c(\pi) = 1$, $\dot{c}(\pi) = 0$. No iz relacija (2·2) izlazi uz te uvjete za periodičke funkcije $s(t)$, dotično $c(t)$:

$$\int_o^\pi \psi s^2 \, d\xi = -\int_o^\pi \dot{s}^2 \, d\xi,$$

$$\int_o^\pi \psi c^2 \, d\xi = -\int_o^\pi \dot{c}^2 \, d\xi;$$

konstante na lijevoj strani moraju dakle da su negativne. Ako je stoga u intervalu $(0, \pi)$ funkcija $\psi(t) \geqq 0$, jednadžba (1·1) nema periodičkih rješenja.

Egzistencija periodičkih rješenja perioda π jednadžbe (1·1) slijedit će iz činjenice da funkcije $s(t)$ i $c(t)$ zadovoljavaju linearnu integralnu homogenu jednadžbu tipa Fredholmova sa simetričkom jezgrom.

Primijetimo najprije da funkcije $s(t)$ i $c(t)$ zadovoljavaju svaka po jednu linearnu integralnu jednadžbu tipa Volterrina. Označimo naime sa $\sigma(t)$ i $\gamma(t)$ dva partikularna integrala jednadžbe $\ddot{x} = q_1 \cos 2t \cdot x$, koji zadovoljavaju iste početne uvjete kao funkcije $s(t)$ i $c(t)$ i integrirajmo jednadžbu (1·1) varijacijom konstanata, uzevši obzir na uvjete (1·2); dobijemo tako tražene integralne jednadžbe

$$s(t) = \sigma(t) + q \int_o^t \left[\sigma(t)\,\gamma(\xi) - \gamma(t)\,\sigma(\xi)\right] s(\xi) \, d\xi,$$

$$c(t) = \gamma(t) + q \int_o^t \left[\sigma(t)\,\gamma(\xi) - \gamma(t)\,\sigma(\xi)\right] c(\xi) \, d\xi,$$

sa zajedničkom jezgrom.

Izrazivši opći integral jednadžbe (1·1) $x(t) = c_0\, c(t) + c_1\, s(t)$ s pomoću ovih izraza za $s(t)$ i $c(t)$ i odredivši konstante c_0 i c_1 tako da su zadovoljeni uvjeti periodičnosti $x(0) = x(\pi)$, $\dot{x}(0) = \dot{x}(\pi)$, dolazimo do tražene homogene integralne jednadžbe za periodička rješenja

$$x(t) = -q \int_o^\pi G(t, \xi)\, x(\xi) \, d\xi,$$

gdje je jezgra $G(t, \xi)$ dana izrazom

$$G(t,\xi) = \begin{cases} \dfrac{\left[\sigma(\pi + t) - \sigma(t)\right]\gamma(\xi) - \left[\gamma(\pi + t) - \gamma(t)\right]\sigma(\xi)}{2\left[\gamma(\pi) - 1\right]} & t \leqq \xi, \\ \dfrac{\gamma(t)\left[\sigma(\pi + \xi) - \sigma(\xi)\right] - \sigma(t)\left[\gamma(\pi + \xi) - \gamma(\xi)\right]}{2\left[\gamma(\pi) - 1\right]} & t \geqq \xi. \end{cases}$$

Budući da je jezgra simetrična i zatvorena, ima beskonačno mnogo realnih karakterističnih vrijednosti q_n, koje se gomilaju samo u beskonačnosti,

i beskonačno mnogo karakterističnih funkcija, koje nisu drugo do li funkcije $s_n(t)$ ili $c_n(t)$, koje su periodička rješenja jednadžbe (1·1) perioda π te koje tvore potpun sustav, a vezane su relacijama ortogonalnosti

$$\int_0^\pi s_m(t)\, s_n(t)\, dt = \int_0^\pi c_m(t)\, c_n(t)\, dt = \int_0^\pi s_m(t)\, c_m(t)\, dt = 0\,.$$

Što se tiče predznaka karakterističnih vrijednosti q_n, izlazi iz onoga, što smo rekli na početku br. 3. o predznaku funkcije $\psi(t)$, da može biti samo konačan broj pozitivnih karakterističnih vrijednosti, dok su sve ostale negativne.

4. Dokazat ćemo sada da su uz $q_1 \neq 0$ sve karakteristične vrijednosti jezgre $G(t, \xi)$ jednostavne, t. j. nemogućnost da za istu vrijednost parametra $q_n (q_1 \neq 0)$ budu funkcije $s_n(t)$ i $c_n(t)$ periodičke funkcije perioda π.[1]

Uzmimo da je funkcija $c(t)$ periodička funkcija perioda π; $c_0, c_1, \ldots, c_n, \ldots$ da su joj Fourierovi koeficijenti. Integrirajući parcijalno dva puta izraz za c_n uzevši obzir na jednadžbu (1·1), nalazimo

$$\begin{aligned} c_n &= \frac{1}{4n^2}\frac{2}{\pi}\dot{c}(\pi) - \frac{1}{4n^2}\frac{2}{\pi}\int_0^\pi \psi c \cos 2nt\, dt, \qquad n \neq 0 \\ 0 &= \dot{c}(\pi) - \int_0^\pi \psi c\, dt, \qquad\qquad n = 0; \end{aligned} \tag{4·1}$$

no radi periodičnosti funkcije $c(t)$ imamo $\dot{c}(\pi) = 0$ te (4·1) možemo pisati u obliku

$$\begin{aligned} -4n^2 c_n &= \frac{1}{2}\left[c_{n-1} q_1 + c_n 2q + c_{n+1} q_1\right], \qquad n \neq 0 \\ 0 &= c_0 q + c_1 \frac{q_1}{2}, \qquad\qquad n = 0. \end{aligned}$$

Fourierovi koeficijenti periodičke funkcije $c(t)$ zadovoljavaju dakle ovaj sustav od beskonačno mnogo linearnih jednadžbi s beskonačno mnogo nepoznanica:

$$\begin{aligned} & q c_0 + \frac{q_1}{2} c_1 = 0 \\ & \frac{q_1}{4} c_0 + \left[1 + \frac{q}{4}\right] c_1 + \frac{q_1}{8} c_2 = 0 \\ & \frac{q_1}{32} c_1 + \left[1 + \frac{q}{16}\right] c_2 + \frac{q_1}{32} c_3 = 0 \\ & \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & \frac{q_1}{8n^2} c_{n-1} + \left[1 + \frac{q_1}{4n^2}\right] c_n + \frac{q_1}{8n^2} c_{n+1} = 0 \\ & \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned} \tag{4·2}$$

[1] Za drugi dokaz vidi Ž. Marković, *Sur la non-existence simultanée de deux fonctions de Mathieu.* — Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. Vol. XXIII. Pt. III.

kojega determinanta

$$(4\cdot3)\qquad \Delta = \begin{vmatrix} 1+(q-1), & \frac{q_1}{2}, & 0, & 0, \ldots \\ \frac{q_1}{4}, & 1+\frac{q}{4}, & \frac{q_1}{8}, & 0, \ldots \\ 0, & \frac{q_1}{32}, & 1+\frac{q}{16}, & \frac{q_1}{32}, \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \end{vmatrix} = 0$$

daje karakteristične vrijednosti q_n, što pripadaju periodičkim funkcijama $c_n(t)$.

Determinanta Δ je normalna i ranga 1; u protivnom bi naime slučaju imao sustav (4·2) bar dva sustava linearno nezavisnih rješenja, što je nespojivo s linearnom zavisnošću funkcija $c_n(t)$, koje pripadaju istoj vrijednosti parametra q_n.

Budući da se u sustavu (4·2) svi koeficijenti dadu izraziti s pomoću koeficijenta c_0, izlazi u jednu ruku da je $c_0 \neq 0$, a u drugu s obzirom na to da se po (4·1) prva jednadžba iz (4·2) može smatrati kao posljedica ostalih i s obzirom na formule, što daju rješenje takova sustava, izlazi da je minor prvoga reda dobiven brisanjem prvoga retka i stupca, koji označujemo s $\binom{1}{1}$, različit od nule.

Kada bi za istu vrijednost parametara i liha funkcija $s_n(t)$ bila periodička funkcija perioda π, te $b_1, b_2, \ldots, b_n, \ldots$ bili njeni Fourierovi koeficijenti, našli bismo analogno kao kod $c_n(t)$ da koeficijenti b_n zadovoljavaju sustav linearnih jednačaba

$$(4\cdot4)\qquad \begin{aligned} &\left[1+\frac{q}{4}\right] b_1 + \frac{q_1}{8} b_2 = 0 \\ &\frac{q_1}{32} b_1 + \left[1+\frac{q}{16}\right] b_2 + \frac{q_1}{32} b_3 = 0 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\frac{q_1}{8n^2} b_{n-1} + \left[1+\frac{q}{4n^2}\right] b_n + \frac{q_1}{8n^2} b_{n+1} = 0 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Kako je determinanta ovoga sustava upravo minor $\binom{1}{1}$ determinante Δ, koji je različit od nule, a sustav je homogen, nema on drugoga rješenja do $b_n = 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$, t. j. imamo $s(t) \equiv 0$, čime je tvrdnja dokazana. Za $q_1 = 0$ reduciraju se funkcije $c_n(t)$ i $s_n(t)$ na cirkularne funkcije, a sustavi (4·2) i (4·4) daju $q_n = -4n^2$ $(n = 1, 2, \ldots)$, kojima pripadaju parovi periodičkih funkcija $\cos 2nt$ i $\frac{\sin 2nt}{2n}$.

5. Slučaj periodičkih rješenja perioda 2π rješava se s pomoću relacije (2·1). Suponirajmo da je funkcija $s(t)$ periodička funkcija perioda 2π, t. j. da je $s(2\pi + t) = s(t)$, što se može pisati i u obliku $s(\pi + t) = -s(\pi - t)$.

Za $t = 0$ izlazi otale $s(\pi) = 0$, a iz (1·3) za $t = \pi$ te (1·5) za $n = 1$ slijedi $\dot{s}^2(\pi) = 1$; iz toga izvodimo da je $\dot{s}(\pi) = -1$, budući da bi uvjeti $\dot{s}(\pi) = 1$ uz $s(\pi) = 0$ definirali $s(t)$ kao periodičku funkciju perioda π. Prva relacija (1·4) daje sada $s(\pi + t) = -s(t)$.

Ako je $c(t)$ periodička funkcija perioda 2π, nalazi se slično da je $\dot{c}(\pi) = 0$, $c(\pi) = -1$, te $c(\pi + t) = -c(t)$.

Budući da funkcija $s(t)$ zadovoljava uvjete $s(2\pi) = 0$, $\dot{s}(2\pi) = 1$, a po (1·5) $\dot{s}(2\pi) = c(2\pi) = 1$, to je uvjet za egzistenciju periodičke funkcije $c(t)$ perioda 2π za istu vrijednost parametara $\dot{c}(2\pi) = 0$ ili prema (2·1)

$$\int_o^{2\pi} s\, c\, \dot{\psi}\, dt = 0.$$

No iz gore rečenoga slijedi da je $s(\pi + t)\, c(\pi + t) = s(t)\, c(t)$, t. j. funkcija $y = s \cdot c$ i u ovomu je slučaju periodička funkcija perioda π te zadovoljava jednadžbu (2·3) i iste početne uvjete kao u slučaju perioda π. No kako je

$$\int_o^{2\pi} s\, c\, \dot{\psi}\, dt = 2 \int_o^{\pi} s\, c\, \dot{\psi}\, dt,$$

a funkcija $y = s \cdot c$ ista kao kod perioda π i integral na desnoj strani različit od nule, budući da on uz $s(\pi) = 0$, $\dot{s}(\pi) = 1$ po (2·1) ima vrijednost $\dot{c}(\pi)$, za koju znamo da je različita od nule uz te uvjete (vidi br. 4.), slijedi da je i integral na lijevoj strani različit od nule, čime je pokazana nemogućnost zajedničkoga postojanja dviju periodičkih funkcija perioda 2π, linearno nezavisnih.

6. Pređimo na periodičke funkcije perioda 3π i uzmimo da je $s(t)$ periodička funkcija. S pomoću prve relacije (1·4) ($n = 1$) možemo to pisati u obliku

$$s(3\pi + t) = s\left[\pi + (2\pi + t)\right] = s(2\pi + t)\, \dot{s}(\pi) + c(2\pi + t)\, s(\pi) = s(t),$$

a za $t = 0$ i s obzirom na (1·5) imamo

$$s(2\pi)\, c(\pi) + c(2\pi)\, s(\pi) = 0;$$

diferenciranjem gornje relacije dobijemo za $t = 0$ (6·1)

$$c(2\pi)\, c(\pi) + \dot{c}(2\pi)\, s(\pi) = 1.$$

Odatle izlazi da je za periodičku funkciju $s(t)$

$$s(2\pi) = -s(\pi), \qquad c(2\pi) = c(\pi);$$

a druga relacija (6·1) daje sada $c^2(\pi) + \dot{c}(2\pi)\, s(\pi) = 1$ i isporedbom s (1·3) $\dot{c}(2\pi) = -\dot{c}(\pi)$.

Izračunajmo $c(3\pi + t)$ s pomoću ovih relacija i formula (1·4). Dobijemo

$$\begin{aligned} c(3\pi + t) = c\left[2\pi + (\pi + t)\right] &= c(\pi + t)\, c(2\pi) + s(\pi + t)\, \dot{c}(2\pi) \\ &= c(\pi + t)\, c(\pi) - s(\pi + t)\, \dot{c}(\pi), \\ &= c(t). \end{aligned}$$

i po drugoj formuli (1·6)

Time je u slučaju perioda 3π dokazana mogućnost postojanja dviju periodičkih funkcija $s(t)$ i $c(t)$, linearno nezavisnih.

7. Neka je sada $s(t)$ periodička funkcija perioda 4π. Relacija periodičnosti $s(4\pi + t) = s(t)$ može se pisati u obliku $s(2\pi + t) = -s(2\pi - t)$ te daje za $t = 0$ $s(2\pi) = 0$.

Iz (1·3) izlazi sada uz (1·5) $c^2(2\pi) = 1$, a otale $c(2\pi) = -1$, budući da bi uz uvjete $c(2\pi) = \dot{s}(2\pi) = 1$ i $s(2\pi) = 0$ funkcija $s(t)$ imala period 2π. Iz (1·4) i (1·5) izlazi

$$s(4\pi + t) = s(2\pi + t)\, c(2\pi) + c(2\pi + t)\, s(2\pi),$$

ili s pomoću relacija prije izvedenih

$$= -s(2\pi + t);$$

s obzirom na periodičnost funkcije $s(t)$ imamo dakle $s(2\pi + t) = -s(t)$, što se može pisati i u obliku $s(\pi + t) = s(\pi - t)$, a diferenciranjem i za $t = 0$ izlazi otale $\dot{s}(\pi) = c(\pi) = 0$.

Po (1·4) imamo sada $c(2\pi + t) = c\left[\pi + (\pi + t)\right] = s(\pi + t)\, \dot{c}(\pi)$, te diferenciranjem za $t = 0$ $\dot{c}(2\pi) = c(\pi) \cdot \dot{c}(\pi)$, ili, radi $c(\pi) = 0$, $\dot{c}(2\pi) = 0$.

Druga formula (1·4) za $n = 2$ daje sada na temelju izvedenih relacija

$$c(4\pi + t) = c\left[2\pi + (2\pi + t)\right] = c(2\pi + t)\, c(2\pi) + s(2\pi + t)\, \dot{c}(2\pi)$$
$$= -c(2\pi + t),$$

a to je po istoj formuli i gornjim relacijama

$$= c(t),$$

čime je i u ovom slučaju dokazana egzistencija periodičkih funkcija $s(t)$ i $c(t)$ perioda 4π za iste vrijednosti parametara.

Slično se dokazuje ista činjenica za periodičke funkcije perioda $n\pi$, gdje je n cio broj.

Iz tih izvoda vidimo da je za zadati $n \geqq 3$ ta činjenica moguća poradi sve većega broja relacija (1·4), koje vrijede za zadati n kao i za sve n manje od njega.

RÉSUMÉ.

Sur les solutions périodiques de l'équation de Mathiéu.

L'objet de la note qui précède sont les solutions périodiques de l'équation de Mathieu. Après avoir rappelé les relations entre les fonctions $s(t)$ et $c(t)$, définies par les conditions initiales (1·2), déduites antérieurement (l. c. [2]) et qui nous seront utiles dans la suite, et indiqué un cas $\left(\psi(t) \geqq 0 \text{ dans } (0, \pi)\right)$ où l'existence des solutions périodiques est à priori impossible (nos 1—3), je donne une démonstration de l'impossibilité de coexistence de deux solutions périodiques $s(t)$ et $c(t)$ de période π ou 2π. Dans le cas de période π (no 4), on constate à cet effet que le déterminant infini Δ (4·3) du système d'équations linéaires à une infinité d'inconnues (4·2) qui détermine les coefficients de Fourier de la fonction périodique $c(t)$ est du rang 1 et que

c' est en particulier le mineur $\binom{1}{1}$, obtenu en supprimant la première ligne et la première colonne du déterminant A, qui est différent de zéro. Dans ces conditions, le système (4·4) auquel satisfont les coefficients de Fourier de la fonction $s(t)$ supposée existante et dont le déterminant n' est autre que le mineur $\binom{1}{1}$, n' admet que la solution triviale $b_n = 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$, ce qui démontre la proposition. Pour démontrer le même fait pour les fonctions périodiques $s(t)$ et $c(t)$ de période 2π (nº 5), on part de la relation (2·1) qui dans l' hypothèse de coexistence de deux fonctions périodiques donne $\int_0^{2\pi} s\, c\, \dot{\psi}\, dt = 0$ dont nous montrons l' impossibilité. Par contre, les relations (1·4)—(1·6) nous permettent de montrer d' une manière directe et simple (nºs 6 et 7) la possibilité de coexistence de deux solutions périodiques de l' équation (1·1) de periode $n\pi$ (n entier ≥ 3), linéairement indépendantes.

O grafičkom rješavanju jednadžbe trećega stepena.

Vladimir Vranić.

Numeričko rješavanje jednadžbe trećega stepena dosta je kompliciranо i oduzimlje mnogo vremena i onda, kad se ne radi o velikoj točnosti. Zato je za rješavanje takove jednadžbe vrlo važna grafička metoda, budući da se grafičkim putem, a naročito s pomoću nomograma mogu brzo otčitati rezultati.

Dok su različiti nomogrami jednadžbe

$$t^3 + at + b = 0$$

dosta jednostavni, za jednadžbu

$$t^3 + at^2 + bt + c = 0$$

nije do danas uspjelo naći zgodan i pregledan nomogram.

Spominjem samo na pr. nomogram, kojega je konstruirao D'Ocagne,[1] pa nomogram od Soreau-a,[2] Mehmke-a[3] i drugi slični.

Svi ti načini nisu pregledni, jer se osnivaju ili na nomogramima s mrežom krivulja ili su mehaničke naravi (pomični transparenti).

G. prof. Ing. Čalogović[4] pokazao je također jedan interesantan način grafičkog rješavanja jednadžbe trećega stepena, operirajući također s mrežom krivulja.

Kod nomograma s mrežom krivulja otčitavanje je dosta teško zbog guste mreže, pa se zato danas i daje prednost kolinearnim nomogramima.

Idealno bi dakle bilo, kad bi se mogao konstruirati kolinearni nomogram za opću jednadžbu trećega stepena, ali kako to nije moguće moramo se zadovoljiti onim rješenjem toga problema, koji nas najbliže dovodi do te vrste nomograma.

Konorski[5] je u svojoj knjizi pokazao put, konstruiravši nomogram za jednadžbu trećega stepena, kod kojega zaista treba samo da budu tri točke na jednom pravcu, da dobijemo rješenje jednadžbe.

Kod tog nomograma smeta međutim, da se rješenje $\frac{t}{a} = -1$, gdje je a koeficijent ispred t^2 u općoj kubnoj jednadžbi, mora tražiti u beskonačnosti i da se uopće mora operirati s pomoću paralela.

---

[1] D'Ocagne, Traité de Nomographie, Paris 1921, pg 304.
[2] Soreau, Nomographie, Paris 1921, Tome second pg 177.
[3] Mehmke, Leitfaden zum graphischen Rechnen, Leipzig 1924, pg 74.
[4] Čalogović, Proračunavanje ekscentrično tlačenih konstrukcija, Tehnički list god. X. br. 1.
[5] Konorski, Die Grundlagen der Nomographie, Berlin 1923, pg 70.

Htio bih zato pokazati jedan drugi način za konstrukciju nomograma kubne jednadžbe.

Neka je dana jednadžba

$$t^3 + a\,t^2 + b\,t + c = 0 \tag{1}$$

Uvrstimo

$$t = \frac{c}{b}\,u$$

tako dobivamo

$$u^3 + \frac{a\,b}{c}\,u^2 + \frac{b^3}{c^2}\,u + \frac{b^3}{c^2} = 0 \tag{2}$$

Postavimo

$$x = l_1\,\frac{a\,b}{c} \tag{3}$$

$$y = l_2\,\frac{b^3}{c^2} \tag{4}$$

gdje su l_1 i l_2 povoljni moduli, pa ćemo dobiti:

$$\frac{u^2}{l_1}\,x + \frac{u+1}{l_2}\,y = -\,u^3 \tag{5}$$

Zbog (3), (4) i (5) imamo

$$\begin{vmatrix} \dfrac{u^2}{l_1} & \dfrac{u+1}{l_2} & u^3 \\ 1 & 0 & -\,l_1\,\dfrac{a\,b}{c} \\ 0 & 1 & -\,l_2\,\dfrac{b^3}{c^2} \end{vmatrix} = 0 \tag{6}$$

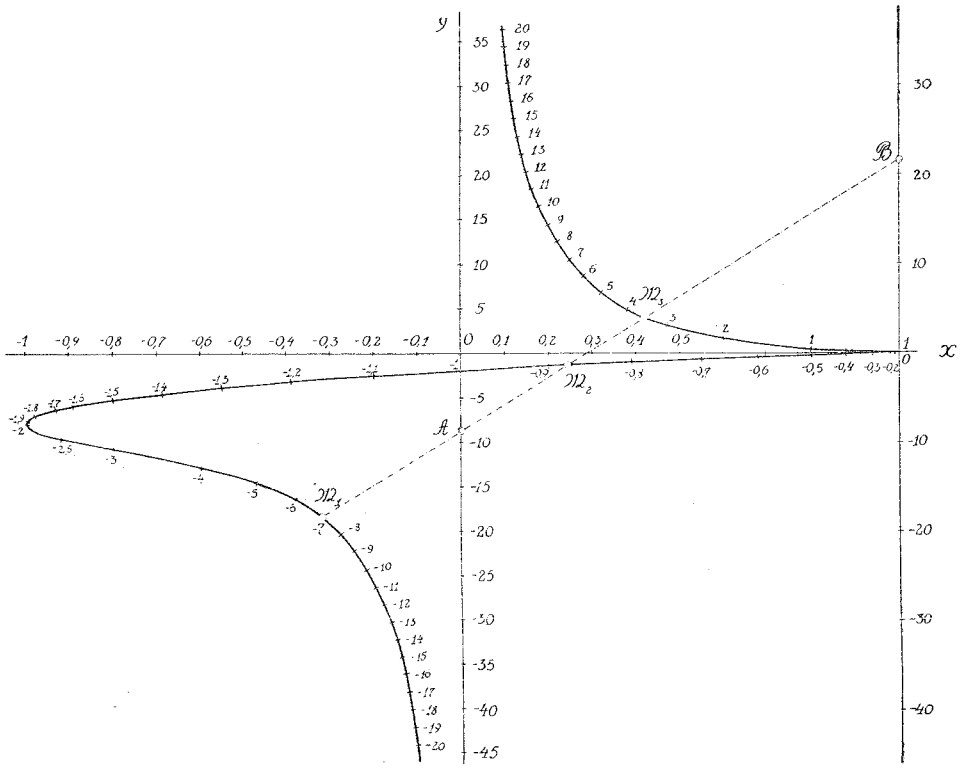
Determinanta (6) može se transformirati na oblik

$$\begin{vmatrix} 1 & \dfrac{l_1\,(u+1)}{l_2\,u^2 + l_1\,u + l_1} & \dfrac{l_1\,l_2\,u^3}{l_2\,u^2 + l_1\,u + l_1} \\ 1 & 0 & -\,l_1\,\dfrac{a\,b}{c} \\ 1 & 1 & -\,l_2\,\dfrac{b^3}{c^2} \end{vmatrix} = 0 \tag{7}$$

Istaknuo sam gore, da su l_1 i l_2 posve povoljni moduli. Sada možemo uzeti za l_1 i l_2 takove vrijednosti, da nomogram dobije najzgodniji oblik. Te vrijednosti našao sam $l_1 = 2$ i $l_2 = 1$.

Ako dakle uvrstimo za $l_1 = 2$, $l_2 = 1$ dobit ćemo

$$\begin{vmatrix} 1 & \dfrac{2\,(u+1)}{u^2+2\,u+2} & \dfrac{2\,u^3}{u^2+2\,u+2} \\ 1 & 0 & -\dfrac{2\,a\,b}{c} \\ 1 & 1 & -\dfrac{b^3}{c^2} \end{vmatrix} = 0 \qquad (8)$$



Imamo dakle konstruirati krivulju

$$x = \frac{2\,(u+1)}{u^2+2\,u+2}, \quad y = \frac{2\,u^3}{u^2+2\,u+2}$$

Ako spojimo točke $\left(0, -\dfrac{2\,a\,b}{c}\right)$ i $\left(1, -\dfrac{b^3}{c^2}\right)$ pravcem, mora sjecište toga pravca s krivuljom dati rješenja u_1, u_2 i u_3.

Rješenja t_1, t_2 i t_3 su onda

$$t_1 = \frac{c}{b}\,u_1, \quad t_2 = \frac{c}{b}\,u_2 \quad \text{i} \quad t_3 = \frac{c}{b}\,u_3$$

Ako imamo pri ruci računski stroj ili logaritmičko računalo za izračunavanje vrijednosti $\frac{2ab}{c}$ i $\frac{b^3}{c^2}$ ne može rješavanje praviti poteškoća.

Ako je c jednako nuli ne možemo s pomoću ovoga nomograma naći rješenje, ali to je i suvišno, jer se u tom slučaju može kubna jednadžba reducirati na kvadratnu jednadžbu.

U slici predočen je ovaj nomogram. U slici je pokazano rješavanje jednadžbe

$$t^3 + 2,5\,t^2 - 7\,t - 4 = 0$$

Spojivši točke A (0, — 8.75) i B (1, 21.44) dobijemo

$$u_1 = -7,\ u_2 = -0,875 \text{ i } u_3 = 3,5$$

i odavde

$$t_1 = -4,\ t_2 = -0,5 \quad \text{i} \quad t_3 = 2$$

Jednadžbe trećega stepena dolaze u primjeni dosta često tako na pr. kod proračunavanja armirano — betonskih konstrukcija. G. prof. Ing. Čalogović stavio mi je najpripravnije na dispoziciju materijal na koji je u svojoj praksi naišao, u svim tim jednadžbama trećega stepena bio je c uvijek relativno velik broj u poređenju s b, a pogotovo s a. Pooradi toga su točke $\left(0, -\frac{2ab}{c}\right)$ i $\left(1, -\frac{b^3}{c^2}\right)$ uvijek bile unutar onih granica. koje imamo u našoj slici. Time je naravno i rješenje u bilo konstruktivno moguće s pomoću nomograma, koji je u toj slici predočen t. j. nije bilo potrebno risati nomogram velikih dimenzija.

Kako je

$$u = \frac{b}{c}\,t$$

to je opet i kod razmjerno velikog t nepoznanica u relativno malena. — U primjerima, koje sam gore spomenuo bilo je najveće $t = 141,2$,[6] pripadno u ima vrijednost — 0,6.

RÉSUMÉ.

Sur la résolution graphique de l'équation du troisième degré.

Dans cette note on donne la construction d'un nouvel abaque pour l'équation générale du troisième degré.

Si l'on transforme l'équation

$$t^3 + a\,t^2 + b\,t + c = 0 \qquad (1)$$

en introduisant

$$t = \frac{c}{b}\,u$$

on a

$$u^3 + \frac{ab}{c}\,u^2 + \frac{b^3}{c^2}\,u + \frac{b^3}{c^2} = 0$$

[6] $t^3 - 126t^2 + 3400t - 783000 = 0$

ce qu'on peut aussi représenter par le déterminant

$$\begin{vmatrix} 1 & \dfrac{2(u+1)}{u^2+2u+2} & \dfrac{2u^3}{u^3+2u+2} \\ 1 & 0 & -\dfrac{2ab}{c} \\ 1 & 1 & -\dfrac{b^3}{c^2} \end{vmatrix} = 0$$

On reçoit alors l'abaque en question en construisänt la courbe

$$x = \frac{2(u+1}{u^2+2u+2}, \quad y = \frac{2u^3}{u^2+2u+2}$$

En reliant par une droite les points

$$\left(0, -\frac{2ab}{c}\right) \text{ et } \left(1, -\frac{b^3}{c^2}\right),$$

les points de section de cette droite avec la courbe nous donnent les valeurs u_1, u_2 et u_3 et les solutions correspondantes de l'équation (1) t_1, t_2 et t_3 par la relation

$$t = \frac{c}{b}u.$$

Nožišne krivulje parabole kao ortogonalne projekcije kubične elipse.

Sa pet slika.

Juraj Božičević.

1. Uvod. U ovoj ćemo radnji ponajprije iznijeti jednu konstrukciju nožišnih krivulja parabole, a onda ćemo linijama i tačkama, s pomoću kojih ćemo konstruirati te krivulje, dati prostorno značenje, i dokazat ćemo, da su sve te krivulje ortogonalne projekcije kubičnih elipsi (k_3), koje se nalaze na jednom rotacionom hiperboloidu. Istaknut ćemo i druge pravčaste površine 2. reda, koje spomenuti hiperboloid prodiru u kubičnim elipsama, i napokon ćemo uz pripomoć prostornih relacija konstruirati tangente kubične elipse i njezinih ortogonalnih projekcija na koordinatne ravnine.

I. O nožišnim krivuljama parabole.

2. Konstrukcija nožišnih krivulja parabole. Zadana je čvrsta kružnica $k = (S, a)$, čvrsta njezina tangenta j_0' u diralištu A, čvrsti promjer $AJ \equiv SX_1$ i čvrsta tačka O (sl. 1). Potegnimo kojugod tangentu i_1' kružnice k, spojimo sjecište C_1' pravaca j_0' i i_1' s tačkom S i tačkom O povucimo usporednicu s pravcem SC_1'. Ta usporednica siječe tangentu i_1' u tački E_1'. Varijiramo li tangentu i_1', tad tačka E_1' opiše nožišnu krivulju parabole. Tu ćemo krivulju označiti s k_3'.

3. Jednadžba krivulje k_3'. Uzmimo da je tačka S ishodište, a pravac SX_1 os apscisa pravokutnog koordinatnog sustava, označimo sa x, y koordinate tačke E_1', a sa p, q koordinate tačke O i stavimo $\sphericalangle X_1 S B_1 = 2\alpha$, gdje je B_1 diralište kružnice k s tangentom i_1'.

Jednadžba je pravca i_1'

$$x \cos 2\alpha + y \sin 2\alpha = a, \tag{1}$$

pravca SC_1'

$$y = x \operatorname{tg} \alpha, \tag{2}$$

a pravca OE_1' ($\parallel SC_1'$)

$$y - q = \operatorname{tg} \alpha (x - p). \tag{3}$$

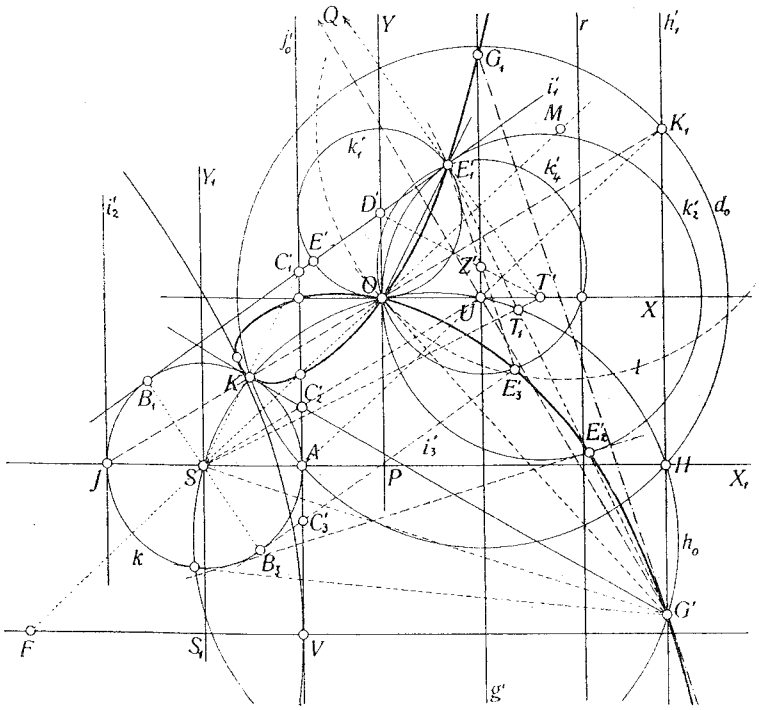
Iz jednadžbi (1) i (3) dobijemo

$$\left.\begin{aligned} x &= a + p - p \cos 2\alpha - q \sin 2\alpha \\ y &= q + \operatorname{tg} \alpha (a - p \cos 2\alpha - q \sin 2\alpha) \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

kao parametričke jednadžbe krivulje k_3'.

Eliminiramo li iz tih dviju jednadžbi α dobijemo jednadžbu krivulje u kartesijevim koordinatama, naime

$$(x+p)^3+(x-p)(y-q)^2+(p-a)(x-p)^2-(a+p)(y-q)^2+$$
$$+2q(x-p)(y-q)=0. \qquad (5)$$



Slika 1.

Pišemo li u jednadžbama (4) i (5) $x+p$ mjesto x i $y+q$ mjesto y, dobit ćemo jednadžbe krivulje k'_3 s obzirom na tačku O kao ishodište, a pravac $OX \parallel SX_1$ kao os apscisâ. Imamo

$$\left.\begin{aligned} x &= a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha, \\ y &= \operatorname{tg}\alpha\,(a - p\cos 2\alpha - q\sin 2x), \end{aligned}\right\} \qquad (4')$$

$$x^3+xy^2-(a-p)x^2-(a+p)y^2+2qxy=0,$$

ili drugačije pisano

$$(x-a-p)(x^2+y^2)+2x(px+qy)=0. \qquad (5')$$

Ta jednadžba kazuje, da je krivulja k'_3 nožišna krivulja parabole[1], i to parabole

$$(y+2q)^2+4(a+p)x+4(p^2-a^2)=0. \qquad (6)$$

Vrh se V (sl. 1.) te parabole nalazi na pravcu j'_0, te je $AV=q$. Daljina je žarišta F od vrha V parabole $VF=a+p$. Spustimo li s tačke S okomicu

[1] Wieleitner, Spezielle ebene Kurven, S. S. LVI, Leipzig 1908., str. 36.

SS_1 na FV, tada je $FS_1 = p$, a jer je $\triangle FS_1S \cong \triangle SPO$, gdje je $OP \perp SA$, tačke F, S i O leže u istomu pravcu, te je $SF = SO$.

Iz jednadžbe (5') saznamo, da je tačka O dvostruka tačka krivulje k_3'. Budući da sve tačke krivulje k_3' leže na tangentama kružnice k, to nijedna tačka krivulje k_3' ne može pasti unutar kružnice k, osim tačke O, koja može biti također na kružnici k ili unutar te kružnice. Kad je tačka O izvan kružnice k, krivulja k_3' ima u toj tački čvor, kad je ta tačka na kružnici, u njoj je šiljak, a kad je unutar kružnice, onda je ta tačka dvostruka izolirana tačka krivulje k_3'.

Budući da je tačka O dvostruka tačka nožišne krivulje k_3' parabole, a F žarište te parabole, tad je tačka S izvanredno središte krivulje k_3'.[1]

4. Asimptota krivulje k_3'. Krivulja k_3' ima jednu realnu asimptotu h_1', kojoj je jednadžba

$$x = a + b.$$

5. Krivulja je k_3' t. zv. kisoida s obzirom na asimptotu h_1' i na kružnicu l, kojoj središte M leži u pravcu SO i kojoj je polumjer $MO = \sqrt{p^2 + q^2}$. Okomica u tački O na pravac SOM dotiče kružnicu l u tački O i siječe asimptotu h_1' u tački G', koja se zove glavna tačka krivulje. Koordinate su te tačke $\left[(a+p), -\frac{p}{q}(a+p)\right]$.

6. Pravac JO siječe kružnicu k u tački K. Ta tačka pripada krivulji k_3', i to je jedina realna zajednička tačka kružnice k i krivulje k_3'. Da je tačka K uistinu jedna tačka krivulje k_3' vidi se odatle, što je $OK \parallel SC_2'$, gdje je C_2' (sl. 1.) sjecište tangente kružnice k u tački K i pravca j_0.

Tangenta KC_2', koja je ujedno tangenta krivulje k_3' u tački K, siječe asimptotu h_1' u glavnoj tački G'.

Dokaz. Koordinate su tačke K, kao sjecišta kružnice k s pravcem JO, s obzirom na tačku S kao ishodište

$$x_1 = \frac{a\,[(a+p)^2 - q^2]}{(a+p)^2 + q^2}, \qquad y_1 = \frac{2\,a\,q\,(a+p)}{(a+p)^2 + q^2},$$

a jednadžba tangente KC_2' kružnice k

$$[(a+p)^2 - q^2]\,x + 2\,q\,(a+p)\,y = a\,[(a+p)^2 + q^2].$$

Transformiramo li tu jednadžbu s obzirom na ishodište O i onda tražimo koordinate sjecišta tangente KC_2' s asimptotom h_1', dobijemo upravo koordinate glavne tačke G'.

7. Budući da tačke krivulje k_3' leže na tangentama kružnice k i na tangentama parabole (6), to između tangenata jedne i druge krivulje, te njihovih tačaka, postoji jednoznačna korespondencija. Kojojgod tački E_1' krivulje k_3' pripada

[1] Wieleitner, k. g., str. 36.

samo jedna tangenta parabole, i to ona, koja je u toj tački okomita na pravcu OE_1'. Toj pak tangenti pripada samo jedna tangenta kružnice k, i to ona, na kojoj, s obzirom na konstrukciju krivulje k_3', leži tačka E_1'. Tački A kružnice k pridružen je vrh V parabole, tački J kružnice pridružena je neizmjerno daleka tačka parabole. Tačkama kružnice k, što leže u pravcu SY_1, pridružene su one tačke parabole, što leže u pravcu, koji ide žarištem F okomito na os parabole. Tangente tih krivulja u pridruženim tačkama jesu pridružene tangente.

Tangente kružnice k i parabole čine dva pramena zraka 2. reda. Proizvod bi tih dvaju pramenova imala biti krivulja 4. reda. No kako pridružene tangente u pridruženim tačkama A i V padaju zajedno, to se krivulja 4. reda raspada na taj pravac i na našu krivulju 3. reda k_3'.

Tangente i_k' $(k = 0, 1, 2, \ldots)$ kružnice k čine pramen zraka 2. reda. Pravci SC_k' čine pramen zraka 1. reda. Oba su ta pramena u perspektivnom položaju, jer projiciraju isti niz tačaka j_o'. Pravci OE_k' čine također pramen zraka 1. reda, pak je taj pramen s pramenom 2. reda k u projektivnom položaju. Proizvod je tih dvaju pramenova krivulja 3. reda k_3'.

Jednadžba je zrake OE_1' pramena O

$$y = x \operatorname{tg} \alpha \qquad \text{ili} \qquad y = \lambda x, \tag{7}$$

gdje je $\lambda = \operatorname{tg} \alpha$, dakle zavisan o parametru α.

Jednadžba je zrake i_1' kao zrake pramena 2. reda

$$(x + p) \cos 2\alpha + (y + q) \sin 2\alpha - a = 0$$

ili

$$x (\operatorname{tg}^2 \alpha - 1) - 2y \operatorname{tg} \alpha + (a + p) \operatorname{tg}^2 \alpha - 2q \operatorname{tg} \alpha + a - p = 0$$

ili ako se stavi $\operatorname{tg} \alpha = \lambda$

$$x (\lambda^2 - 1) - 2\lambda y + (a + p) \lambda^2 - 2q\lambda + a - p = 0. \tag{8}$$

Ako se iz te jednadžbe eliminira y s pomoću jednadžbe (7) i jednadžba učini homogenom, dobit će se

$$x (\lambda^2 + 1) = [(a + p) \lambda^2 - 2q\lambda + a - p] t. \tag{9}$$

Iz jednadžbi (7) i (9) imamo za tačku E_1', ako uvedemo faktor proporcionalnosti ϱ,

$$\left.\begin{aligned} \varrho x &= (a + p) \lambda^2 - 2\lambda q + a - p \\ \varrho y &= \lambda [(a + p) \lambda^2 - 2\lambda q + a - p] \\ \varrho t &= \lambda^2 + 1 \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

To su parametričke jednadžbe krivulje k_3'. Svakom λ pramena O pripada jedna tačka E_1' krivulje. Zauzme li λ sve vrijednosti od $-\infty$ do $+\infty$ dobiju se sve tačke krivulje k_3'.

Za

$$\lambda = \frac{q \pm \sqrt{p^2 + q^2 - a^2}}{a + p}$$

dobije se dvostruka tačka O, a za $\lambda = 0$ imamo treću tačku krivulje, koja leži u osi apscisa OX. Za $\lambda = \infty$ dobije se neizmjerno daleka tačka F' krivulje, koja leži u smjeru osi OY.

8. Pravac i'_1 siječe pravac OY u tački D'. Budući da je $\sphericalangle E'_1 O D' = 90^0 - \alpha$ i $\sphericalangle O E'_1 D' = \sphericalangle S C'_1 B = 90^0 - \alpha$, to je $\sphericalangle E'_1 O D' = \sphericalangle O E'_1 D'$. Trokut je $O E'_1 D'$ istokračan i po tome je $D' O = D' E'_1$. Prema tome bismo tačku E'_1 dobili i tako, da oko D' kao središta opišemo kružnicu k'_1, koja ide tačkom O, i njom siječemo tangentu i'_1 kružnice k u tačkama E'_1 i E'.

Geom. je mjesto tačke E' također jedna krivulja 3. reda, koja ima istu dvostruku tačku, samo što je sad pravac i'_2 preuzeo ulogu pravca j'_0.

9. Potegnemo li u tački E'_1 okomicu na pravac i'_1, ona siječe pravac OX u tački T'. Spojimo li tačke T' i D' pravcem, tad imamo dva pravokutna sukladna trokuta $T' O' D'$ i $T' E'_1 D'$, odakle slijedi, da je $T' E'_1 = T' O$. Opišemo li dakle oko tačke T' kružnicu k'_2, koja ide tačkom O, ona dotiče pravac i'_1 u tački E'_1.

Kružnica k'_2 siječe krivulju k'_3 još u jednoj tački E'_2. Potegnemo li tom tačkom onu tangentu kružnice k, na kojoj, s obzirom na konstrukciju krivulje k'_3, leži tačka E'_2, ta tangenta mora doticati i kružnicu k'_2 upravo u tački E'_2. Tačkama naime O i E'_2 ide samo jedna kružnica, i to kružnica k'_2, koja ima svoje središte u pravcu OX, i zato druga zajednička izvanja tangenta kružnicâ k i k'_2 dotiče kružnicu k'_2 baš u tački E'_2.

Prema tome imamo slijedeću konstrukciju nožišne krivulje parabole: Zadana je kružnica k, tačka O i čvrsti pravac OX. Opišemo li oko kojegod tačke T' pravca OX kružnicu k'_2, koja ide tačkom O, i potegnemo li obje zajedničke izvanje tangente kružnicâ k i k'_2, te tangente dotiču kružnicu k'_2 u tačkama E'_1 i E'_2, kojih je geometrijsko mjesto nožišna krivulja k'_3 jedne parabole.

Kružnica, koju bismo opisali oko S tačkom E'_1, ide također tačkom E'_2, a spojimo li te dvije tačke pravcem, on ide, kako je poznato, glavnom tačkom G'.

10. Centrala $S T'$ (sl. 1.) kružnicâ k i k'_2 okomita je na tetivi $E'_1 E'_2$ kružnice k'_2 i raspolavlja je u tački T_1. Budući da ta tetiva ide glavnom tačkom G' krivulje, to je $S T_1 \perp G' E'_1$. Prema tome tačka T_1 leži na kružnici h_0, koja je opisana nad $S G'$ kao promjerom. Na toj kružnici leže i tačke K i O. Ako su obje tačke E'_1 i E'_2 konjugirano imaginarne, središte je sastavnice tih tačaka, koja ide tačkom G', realno i nalazi se na kružnici h_0.

Imamo svojstvo nožišnih krivulja parabole:

Povučemo li glavnom tačkom nožišne krivulje parabole, kojigod pravac, on siječe tu krivulju, osim u glavnoj tački, još u dvije tačke, te je geometrijsko mjesto polovišta sastavnice tih dviju tačaka kružnica, koja je opisana nad sastavnicom glavne tačke s izvanrednim fokusom krivulje.

Lako se dokaže, da to svojstvo imadu sve cirkularne krivulje 3. reda.

11. Nacrtajmo simetralu $G' U$ (sl. 1.) kuta, što ga čini pravac $G' K$ s asimptotom h'_1. Postavimo li u tački E'_1 okomicu na pravac i'_1, ona siječe

simetralu $G'U$ u tački Q. Ta je tačka jednako udaljena od triju pravaca $G'K$, i'_1, h'_1, te kružnica m, koja je opisana oko Q s polumjerom QE'_1, dotiče spomenuta tri pravca.

Da kružnica m dotiče sva tri pravca može se dokazati na taj način, da se potraže koordinate tačke Q kao sjecišta pravaca $G'Q$ i E'_1Q i onda traže udaljenosti tačke Q od tih triju pravaca. Vidjelo bi se, da su te tri udaljenosti jednake.

Čvrsti je pravac $G'K$ jedna zajednička unutarnja tangenta kružnica k i m, dok je pravac i'_1 druga zajednička unutarnja tangenta, koja m dotiče u tački E'_1. Prema tome bismo krivulju k'_3 mogli dobiti na slijedeći način:

Zadana je kružnica k (sl. 1.) i jedna njezina tangenta $G'K$, gdje je K diralište, te jedan pravac $G'U$. Opišemo li oko kojegod tačke Q pravca $G'U$ kružnicu m, koja dotiče pravac $G'K$, i potegnemo li drugu zajedničku unutarnju tangentu i'_1 kružnica k i m, ta tangenta dotiče kružnicu m u tački E'_1, kojoj je geom. mjesto nožišna krivulja jedne parabole.

12. Jednadžba je pravca JKO s obzirom na tačku S kao ishodište

$$y = \frac{q}{a+p}(x+a),$$

pak isporedimo li tu jednadžbu s jednadžbom

$$y = -\frac{a+p}{q}(x+a) \qquad (11)$$

pravca $G'U$, vidimo, da su pravci KO i $G'U$ među sobom okomiti.

Pravac KO siječe asimptotu h'_1 u tački K_1, a pravac SX_1 siječe h'_1 u tački H. Budući da su trokuti JPO i OXK_1 među sobom sukladni, to je $XK_1 = OP = XH = q$ i $OJ = OK_1$ (sl. 1.).

Uvrstimo li u jednadžbu (11) $y = 0$, dobijemo $x = a$; t. j. pravci se u OX i $G'U$ sijeku u tački U, te je $OU = a$. Tačka U jednako je udaljena od pravaca j'_0 i h'_1, i to za dužinu p. Potegnemo li tom tačkom pravac $g' \parallel h'_1$, taj je pravac simetrala usporednih pravaca j'_0 i h'_1, kao i pravaca OY i ravnalice r parabole. Tačka U leži u simetrali $G'U$ tačaka K i K_1, zatim u simetrali g' tačaka A i H, te u simetrali OX tačaka H i K_1. Prema tome je $UK = UK_1 = UH = UA = \sqrt{p^2+q^2}$; t. j.:

Tačke K, A, H, K_1 leže na kružnici d_0, kojoj je središte U, a polumjer $= \sqrt{p^2+q^2}$.

Budući da je tačka U u simetrali dužine AK, to je $SU \perp AK$ i $SU \parallel JKO$, te $SU \perp G'U$ i $AK \parallel G'U$. Pošto su tačke A i K_1 jednako udaljene od pravaca OX i g' i nalaze se na protivnim stranama tih pravaca, to pravac AK_1 ide tačkom U.

Znamo da kružnica, koja je opisana oko S s polumjerom, koji je veći od a, siječe krivulju k'_3 u dvije realne tačke, koje leže na pravcu, što ide glavnom tačkom G'. Opišemo li kružnicu oko S tačkom O, oba sjecišta panu u tu tačku, pak je pravac $SO \perp G'O$. Budući da je $SU \perp G'U$ i $SK \perp G'K$,

tad kružnica h_0, koja je opisana na dužini SG' kao promjerom, ide tačkama S, K, O, U, H i G'.

Kad bismo krivulju k'_3 konstruirali kao u t. 11., onda bismo tačke O i U dobili na slijedeći način: Zadanom tačkom K kružnice k povucimo okomicu na zadani pravac $G'U$ i odredimo na njoj tačku K_1 uzevši u obzir, da tačke K i K_1 leže simetrično prema pravcu $G'U$. Pravac KK_1 siječe kružnicu k po drugi put u tački J, pak ra polovimo li dužinu JK_1, to je polovište dvostruka tačka O krivulje k'_3. Pravac AK_1, gdje je A sjecište kružnice k s pravcem JS, siječe pravac $G'U$ u tački U. Tačke O i U možemo dobiti i tako, da pravce KK_1 i $G'U$ siječemo kružnicom h_0, koju opišemo nad SG' kao promjerom, u tački O, odnosno u tački U.

13. Pravce $G'K$ i $G'K_1$ (sl. 1.) možemo smatrati osnim presjekom rotacionog stošca $\boldsymbol{A}$ s ravninom crtnje π_1, tačku G' vrhom, a pravac $G'U$ osju stošca. Kružnicu m možemo smatrati glavnim presjekom kugle $\boldsymbol{K}_1$, koja dotiče stožac. Smatramo li još kružnicu k glavnim presjekom čvrste kugle $\boldsymbol{K}$ s ravninom π_1, a pravac i'_1 tragom ravnine ϱ, koja je okomita na π_1 i koja dotiče kuglu $\boldsymbol{K}$, onda je tačka E'_1, kao diralište dirne kugle $\boldsymbol{K}_1$ i ravnine ϱ, jedno žarište presječne krivulje stošca s tom ravninom. Okrećemo li dakle ravninu ϱ tako, da je sveudilj okomita na ravnini π_1 i da dotiče kuglu $\boldsymbol{K}$, tad jedno žarište E'_1 presjeka stošca s ravninom ϱ opiše nožišnu krivulju jedne parabole.

14. Potegnimo na kružnicu k tangentu $i'_3 \parallel i'_1$ i konstruirajmo tačku E'_3 krivulje k'_3, koja leži na tangenti i'_3. Ta tangenta dotiče kružnicu k u tački B_3, a uravac j'_0 siječe u tački C'_3. Budući da je $\sphericalangle ASC'_1 = \frac{1}{2} \sphericalangle ASB_1$ i $\sphericalangle ASC'_3 = \frac{1}{2} \sphericalangle ASB_3$, i jer je $\sphericalangle B_1SB_3 = 180^0$, to je $\sphericalangle C'_1SC'_3 = 90^0$. Kako je nadalje $OE'_1 \parallel SC'_1$ i $OE'_3 \parallel SC'_3$, to je $\sphericalangle E'_1OE'_3 = 90^0$. Prema tome je trokut $E'_1OE'_3$ pravokutan. Središte Z' hipotenuze $E'_1E'_3$ jest središte kružnice k'_4, koja je opisana oko trokuta $E'_1OE'_3$.

Budući da je $x_1 = a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha$ apscisa tačke E'_1, a $x_2 = a + p\cos 2\alpha + q\sin 2\alpha$ apscisa tačke E'_3, to je apscisa polovišta Z' dužine $E'_1E'_3$ jednaka a. Prema tomu je geom. mjesto tačke Z' pravac g'.

15. Nožišne krivulje parabole kao konhoide pravca i kružnice.[1] Ako kvadriramo, a onda zbrojimo obe jednadžbe (4), stavimo $x^2 + y^2 = \varrho^2$, $1 + \operatorname{tg}^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha}$ i na obe strane izvadimo drugi korijen, dobijemo

$$\varrho = \frac{1}{\cos\alpha}(a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha).$$

Ta se jednadžba može pisati u obliku

$$\varrho = \frac{a+p}{\cos\alpha} - 2(p\cos\alpha + q\sin\alpha), \qquad (12)$$

[1] Isporedi: Majcen, O jednoj cirkularnoj kubičnoj elipsi ... „Rad", knj. 158., str. 82

ili

$$\varrho = \varrho_1 - \varrho_2 ,$$

gdje je $\varrho_1 = \dfrac{a + p}{\cos \alpha}$, odakle je

$$x = a + p , \tag{13}$$

a

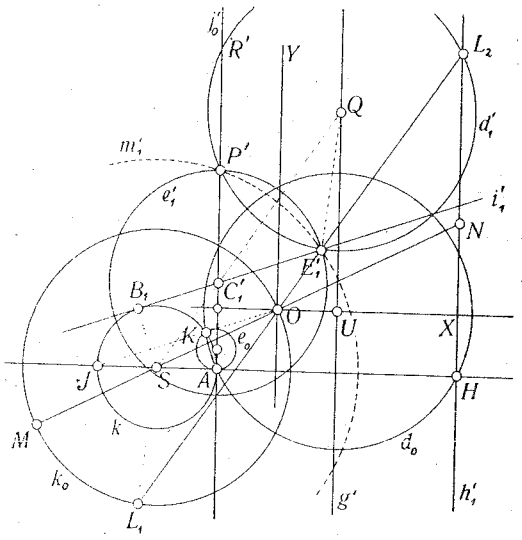
$$\varrho_2 = -2\,(p \cos \alpha + q \sin \alpha)$$

ili u kartesijevim koordinatama

$$x^2 + y^2 + 2 p x + 2 q y = 0 . \tag{14}$$

Jednadžba (13) predočuje asimptotu h'_1 krivulje k'_3, a jednadžba (14) kružnicu k_0, kojoj je tačka S središte, a $r = \sqrt{p^2 + q^2}$ polumjer. Prema tomu je krivulja k'_3 konhoida, kojoj su ravnalice pravac h'_1 i kružnica k_0.

Krivulja se k'_3 može konstruirati s obzirom na jednadžbu (12) na slijedeći način (sl. 2).



Slika 2.

Zadana je kružnica k_0, kojoj je središte S a polumjer $r\ (= \sqrt{p^2 + q^2})$, te pravac h'_1, koji je od središta S udaljen za dužinu $m\ (= a + p)$. Odaberimo na toj kružnici kojugod tačku O i povucimo njom promjer OM, koji neka h'_1 siječe u tački N. Potegnemo li tačkom O kakavgod pravac, on siječe po drugi put kružnicu k_0 u tački L_1, a pravac h'_1 u tački L_2. Učinimo li da je $L_1 E'_1 = O L_2$, bit će

$$O L_2 - L_2 E'_1 = O L_2 - O L_1$$

ili

$$\varrho = \varrho_1 - \varrho_2 .$$

Uzmemo li da je tačka O ishodište, a $OX\ (\perp h'_1)$ os apscisa, stavimo li $\sphericalangle XOL_2 = \alpha$, $\sphericalangle XON = \beta$, $\sphericalangle NOL_2 = \sphericalangle MOL_1 = \varphi$, tad je iz slike

$$OL_2 = \frac{OX}{\cos\alpha} = \frac{m}{\cos\alpha}, \quad OL_1 = OM\cos\varphi = 2r\cos\varphi,$$

dakle

$$\varrho = \frac{m}{\cos\alpha} - 2r\cos\varphi. \tag{15}$$

Budući da je $\varphi = \alpha - \beta$, dakle $\cos\varphi = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta$, i jer $\operatorname{tg}\beta = \frac{q}{p}$, to je

$$\cos\varphi = \frac{p\cos\alpha + q\sin\alpha}{\sqrt{p^2+q^2}}.$$

Obavimo li u jednadžbi (15) supstituciju za m, r, $\cos\varphi$, imamo jednadžbu (12), čime dokazasmo ispravnost konsrukcije nožišne krivulje parabole.

16. Specijalni slučajevi nožišnih krivulja parabole.

1. *Ofiuride.*

Za $p = a$ imamo prema jednadžbi (5′)

$$x(x^2+y^2) = 2y(ay - qx). \tag{16}$$

Dvostruka se tačka O nalazi na vršnoj tangenti parabole. Asimptota h'_1 krivulje k'_3 podudara se s ravnalicom parabole. Te se krivulje zovu ofiuride.[1]

2. *Majcenova krivulja 3. reda.*

Za $p = o$ jednadžba je krivulje prema (5′)

$$(x-a)(x^2+y^2) + 2qxy = 0. \tag{17}$$

Ta jednadžba predočuje Majcenovu krivulju 3. reda.[2] Prema tome je ta krivulja nožišna krivulja parabole za slučaj, kad je pol O na pravcu, koji ide žarištem F parabole okomito na os te parabole. Asimptota se krivulje k'_3 podudara s vršnom tangentom parabole. U taj pravac padaju također pravci j'_0 i g'. Glavna tačka G' i tačka U padaju zajedno, i to u sjecište pravaca OX i h'_1. Polumjeri su kružnica d_0 i l jednaki q.

3. *Kosa strofoida.*

Za $a = 0$ jednadžba je krivulje prema (5′)

$$x(x^2+y^2) + p(x^2-y^2) + 2qxy = 0. \tag{18}$$

Krivulja je kosa stroida.[3] Tačka O se nalazi na ravnalici parabole, a tačka S na krivulji k'_3 u tački K. Pravac g' se podudara s pravcem OY, dok je $U \equiv O$.

---

[1] Wieleitner, kao gore, str. 37.

[2] Majcen, kao gore, str. 73. — Dr. Majcen je mislio, da je to nova krivulja 3. reda. Nova je bila samo konstrukcija, ali ne i krivulja.

[3] Wieleitner, kao gore, str. 38.

4. *Sluse-ova konhoida.*

Za $q = o$ jednadžba je krivulje prema (5')

$$(x - a - p)(x^2 + y^2) + 2p\,x^2 = 0. \tag{19}$$

Krivulja je Sluse-ova konhoida.[1] Tačka O se nalazi u osi parabole. Tačka K pane u tačku A, te je ona vrh konhoide. Razmak je vrha i asimptote jednak $2p$. Glavna tačka G' je neizmjerno daleko u smjeru asimptote h'_1 dakle u tački F'. Rotacioni stožac $\mathcal{A}$, o kojem je bilo govora u t. 13, prešao je sada u rotacioni valjak. Pravac g' podudara se s osju toga valjka. Polumjer je toga valjka, kao i kružnicâ d_0 i l jednak p. Središte kružnice k leži u osi parabole na strani žarišta, te se obje te krivulje dotiču u vrhu V parabole.

Kad je $|p| > a$, onda krivulja ima oblik strofoide, a kad je $|p| < a$, krivulja ima oblik školjke.

5. Za $q = 0$ i $p = a$ krivulja je *Dioklova kisoida.*

6. Za $q = o$ i $a = o$ krivulja je *upravna strofoida.*

7. *Maclaurinova trisekanta.*

Za $q = o$ i $p = -2a$ jednadžba je krivulje

$$x(x^2 + y^2) - a(3x^2 - y^2) = 0, \tag{20}$$

t. j. krivulja je Maclaurinova trisekanta.[2]

8. *Pratilica Dioklove kisoide.*

Za $q = 0$ i $p = -\frac{a}{3}$ ili $a = -3p$ jednadžba je krivulje

$$x(x^2 + 4p) + y^2(x + 2p) = 0. \tag{21}$$

To je jednadžba pratilice Dioklove kisoide.[3]

9. *Pratilica strofoide.*

Za $q = 0$ i $p = -\frac{a}{2}$ ili za $a = -2p$ jednadžba je krivulje

$$x(x^2 + y^2) + p(3x^2 + y^2) = 0. \tag{22}$$

Krivulja je pratilica upravne strofoide.[4]

17. Mehanička crtnja Sluse-ovih konhoida. Već smo rekli, da se glavna tačka G' kod Sluse-ovih konhoida nalazi u neizmjerno dalekoj tački krivulje, da se tangenta KG' podudara s pravcem j'_0 i da je rotacioni stožac $\mathcal{A}$ prešao ovdje u rotacioni valjak, kojemu se jedan osni prerez sastoji iz dva usporedna pravca j'_0 i h'_1. Pravi kut $B_1 E'_1 Q$ ima konstantan krak $E'_1 Q = p$, te se Q nalazi u osi g' valjka, koja je od tačke A udaljena za dužinu p. Prema tome bismo imali slijedeću mehaničku crtnju Sluse-ovih konhoida:

[1] Loria, Spez. algeb. u. transz. ebene Kurven, I., str. 76.

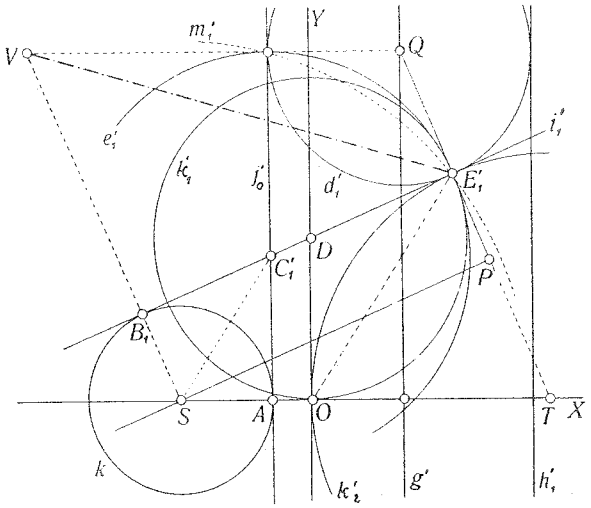
[2] Wieleitner, k. g. str. 44. — Loria, k. g. str. 77. i 85. [Burtonova trisekanta (str. 77.) i Maclaurinova trisekanta (str. 85.) imadu identične jednadžbe i zato je to jedna krivulja sa dva imena. Valjalo bi je zvati po Maclaurinu, jer se on njom prije bavio, nego li Burton.]

[3] Wieleitner, k. g. str. 43.

[4] Loria, k. g. str. 49. Loria nazivlje tu krivulju cirkularnom kubičnom krivuljom 3. reda, a valjalo bi je zvati pratilicom (Begleitkurve) strofoide.

Pomiče li se pravi kut $B_1 E'_1 Q$ s konstantnim krakom $E'_1 Q$ tako, da mu krak $E'_1 B_1$ sveudilj dotiče kružnicu k, dok se tačka Q skliže po pravcu g', onda vrh E'_1 pravoga kuta opiše Sluse-ovu konhoidu (sl. 3).

Potegnemo li tačkom S pravac $SP \parallel B_1 E'_1$, on QE'_1 siječe u tački P, te je $E'_1 P = a$. Kut SPQ je pravi kut, te je krak PQ konstantan i jednak $a + p$. Pomiče li se taj kut u ravnini tako, da mu krak SP sveudilj ide tačkom S, dok se tačka Q konstantnog kraka QP pomiče u pravcu g', tad će tačka E'_1, gdje je $E'_1 Q = p$, opisati Sluse-ovu konhoidu.



Slika 3.

Kružnicu k možemo i ovdje smatrati projekcijom kugle $\boldsymbol{K}$, kružnicu $m \equiv d'_1$ projekcijom kugle $\boldsymbol{K}_1$, pravac $B_1 E'_1$ tragom ravnine ϱ, koja dotiče obje kugle, i koja je okomita na ravnini crtnje, onda je E'_1 žarište elipse, u kojoj ravnina ϱ siječe valjak $\boldsymbol{A}$.

Možemo dakle reći:

Sluse-ova je konhoida geom. mjesto jednog žarišta onih elipsi, u kojima ravnine ϱ, što dotiču kuglu $\boldsymbol{K}$, sijeku valjak $\boldsymbol{A}$.

Budući da je $QE'_1 = p$, tad opišemo li oko kojegod tačke Q pravca g' kružnicu d'_1 s polumjerom p i potegnemo drugu zajedničku unutarnju tangentu $B_1 E'_1$ kružnicâ k i d'_1, tad je geom. mjesto dirališta E'_1 Sluse-ova konhoida.

Sve te konstrukcije vrijede i za posebne slučajeve Sluse-ovih konhoida.

18. Konstrukcija normala Sluse-ovih konhoida. Potegnemo li tačkom Q (sl. 3.) usposrednicu s pravcem SX, ona pravac SB_1 siječe u tački V. Pravac VE'_1 je normala krivulje u tački E'_1.

Dokaz.

Neka je tačka S ishodište, a SX os apscisa, neka su nadalje (ξ, η) koordinate tačke V, $(a + p, m)$ koordinate tačke Q, a (x, y) koordinate tačke E'_1.

Jednadžba je pravca $S\,V$

$$\eta = \xi \operatorname{tg} 2\alpha \tag{23}$$

a jednadžba pravca $Q\,V$

$$\eta = m = (a + p) \operatorname{tg} \alpha \tag{24}$$

Iz tih dviju jednadžbi imamo

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \frac{a+p}{2}(1 - \operatorname{tg}\alpha), \\ \eta &= (a+p)\operatorname{tg}\alpha. \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

Odredimo li sad s pomoću jednadžbi (4'), stavivši za $q = 0$ i uzevši tačku S za ishodište, jednadžbu normale u tački E'_1 i onda tu jednadžbu riješimo u zajednici s jednadžbom (23) ili (24) po ξ i η, dobijemo iste vrijednosti kao u (25), dobijemo dakle koordinate tačke V, odakle slijedi, da ta normala ide sjecištem pravaca $S\,B_1$ i $Q\,V$.

Eliminiramo li α iz jednadžbi (25) dobijemo

$$\eta^2 = -2(a+p)\,\xi + (a+p)^2$$

kao jednadžbu za geom. mjesto tačke V. To je mjesto parabola, kojoj je tačka $\left(\frac{a+p}{2}, 0\right)$ vrh, a S žarište.

II. O prostornim krivuljama k_3, koje se ortogonalno projiciraju na ravninu (xy) kao krivulje k'_3.

19. Rotacioni hiperboloid. Tačkama i linijama, s pomoću kojih smo u sl. 1. i 2. konstruirali krivulju k'_3, dat ćemo sada prostorno značenje. Ponajprije kružnicu k zajedno s njezinim tangentama i'_k $(k = 0, 1, 2, \ldots)$ možemo smatrati ortogonalnom projekcijom (tlocrtom) rotacionog hiperboloida $\boldsymbol{H}$, kojemu je kružnica k grlena kružnica i kojemu su pravci i'_k projekcije jednog sistema izvodnica i. Pravac j'_0 možemo smatrati projekcijom jedne izvodnice hiperboloida, koja pripada drugom sistemu izvodnicâ j. Prema tome je tačka C'_k projekcija sjecišta C_k obih izvodnica i_k i j_0. Tačka E'_k je projekcija jedne tačke E_k izvodnice i_k, pak prema tome možemo krivulju k'_3 smatrati ortogonalnom projekcijom jedne prostorne krivulje k_3, koja se nalazi na hiperboloidu $\boldsymbol{H}$. Ta je krivulja 3. reda, i to kubična elipsa.

Ako sa ω označimo prikloni kut izvodnicâ hiperboloida $\boldsymbol{H}$ prema ravnini (xy) najmanjega kruga k i stavimo $\operatorname{tg}\omega = \lambda$, onda je jednadžba te površine, s obzirom na tačku S kao ishodište

$$(x^2 + y^2 - a^2)\,\lambda^2 - z^2 = 0. \tag{26}$$

20. U tačku O projiciraju se dvije tačke O_1 i O_2 krivulje k_3. Te dvije tačke leže u onim tačkama hiperboloida $\boldsymbol{H}$, u kojima pravac s, koji ide tačkom O okomito na ravninu (xy), siječe tu površinu. Poradi simetrije hiper-

boloida $\boldsymbol{H}$ prema ravnini $(x\,y)$ tačke su O_1 i O_2 jednako udaljene od te ravnine. Ta je daljina prema jednadžbi (26) jednaka $\pm\sqrt{p^2+q^2-a^2}$.

Pravac s je dvostruka sekanta krivulje k_3.

Krivulja k_3 siječe ravninu $(x\,y)$ u tački K, koja se nalazi na kružnici k.

21. Projektivno izvođenje krivulje k_3. Tačku S možemo smatrati tlocrtom osi z, a pravac $S\,C'_k$ tragovima u ravnini $(x\,y)$ pramena ravnina 1. reda, kojemu je pravac z os. Sistem izvodnica i hiperboloida $\boldsymbol{H}$ čini svežanj zraka (k) 2. reda. Taj svežanj i pramen ravnina (z) projiciraju isti niz tačaka j_0, pak su prema tome u perspektivnom položaju.

Pravce $O\,E'_k$ možemo smatrati tragovima pramena ravnina 1. reda, kojemu je pravac s os. Prameni su ravnina (z) i (s) u perspektivnom položaju, jer projiciraju isti neizmjerno daleki pravac prostora, koji je usporedan s pravcima z i s. Prema tome su svežanj (k) i pramen (s) u projektivnom položaju, pak je njihov proizvod krivulja 3. reda. Krivulja k_3 je dakle prostorna krivulja 3. reda.

22. Parametričke jednadžbe krivulje k_3. Jednadžbe (4') predočuju dvije koordinate x i y tačke E_1. Sad ćemo potražiti treću koordinatu z.

Uzmemo li, da je ravnina grlene kružnice k hiperboloida $\boldsymbol{H}$ tlocrtna ravnina π_1 i da je tačka E_1 na izvodnici i_1 toga hiperboloida, onda je

$$z = E_1\,E'_1 = B_1\,E'_1\,tg\,\omega = (B_1\,C'_1 + C'_1\,E'_1)\,\lambda.$$

Iz slike 1 je $B_1\,C'_1 = A\,C'_1 = a\,\mathrm{tg}\,\alpha$, a potegnemo li tačkom C'_1 usporednicu s $S\,X_1$ (ta usporednica nije u slici nacrtana), ona $O\,Y$ siječe u tački P a ordinatu tačke E'_1 u tački Q, pak je

$$\sphericalangle\, P\,C'_1\,E'_1 = -\,(90^0 - 2\,\alpha), \quad C'_1\,Q = C'_1\,P + P\,Q = p - a + x,$$

$$C'_1\,E'_1 = \frac{C'_1\,Q}{\cos\sphericalangle\, P\,C'_1\,E'_1} = \frac{p-a+x}{\sin 2\,\alpha}.$$

Napokon je

$$z = \left[a\,\mathrm{tg}\,\alpha + \frac{x+p-a}{\sin 2\,\alpha}\right]\lambda = \frac{x+p-a\cos 2\,\alpha}{\sin 2\,\alpha}\cdot\lambda, \tag{27}$$

ili kad eliminiramo x s pomoću (4') imamo konačno

$$z = [\mathrm{tg}\,\alpha\,(p - a\cos 2\,\alpha) + (a\sin 2\,\alpha - q)]\,\lambda,$$

ili

$$z = \lambda\,(a+p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda\,q.$$

Prema tome su parametričke jednadžbe krivulje k_3

$$\left.\begin{aligned} x &= a - p\cos 2\,\alpha - q\sin 2\,\alpha,\\ y &= \mathrm{tg}\,\alpha\,(a - p\cos 2\,\alpha - q\sin 2\,\alpha),\\ z &= \lambda\,(a+p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda\,q, \end{aligned}\right\} \tag{28}$$

i to s obzirom na ishodište O.

Eliminiramo li α iz prve i treće, a onda iz druge i treće jednadžbe u (28), dobijemo jednadžbe nacrta k''_3 i bokocrta k'''_3 krivulje k_3 u pravokutnim koordinatama. Jednadžba je krivulje k''_3

$$x\,[\lambda^2\,(a+p)^2+(z+\lambda q)^2]-(a+p)\,[z^2-\lambda^2\,(p^2+q^2-a^2)]=0, \quad (29)$$

a jednadžba krivulje k'''_2

$$(z+\lambda q)^2\,(\lambda y-\lambda q-z)-\lambda^2\,(a^2-p^2)\,(\lambda q+z)+\lambda^3\,(a+p)^2\,y=0. \quad (30)$$

23. Valjak, koji pripada krivulji k_3. Uzmimo da je tačka S ishodište, a pravac SX_1 os apscisâ. Okrenimo oko te osi koordinatni sustav za kut ω. Ako sa ξ, η, ζ označimo koordinate tačke E_1 s obzirom na novi koordinatni sustav, onda će ravnina $(\xi\zeta)$ biti nakon okretanja okomita na izvodnicama j_0 i i_2 hiperboloida $\boldsymbol{H}$, odnosno te će izvodnice biti u ravnini $(\xi\eta)$. U tom će slučaju biti

$$x=\xi, \quad y=\frac{\eta-\lambda\zeta}{\sqrt{1+\lambda^2}}, \quad z=\frac{\lambda\eta+\zeta}{\sqrt{1+\lambda^2}}. \quad (31)$$

Parametričke su jednadžbe krivulje k_3 s obzirom na ishodište S

$$\left.\begin{aligned} x&=a+p-p\cos 2\alpha-q\sin 2\alpha\\ y&=q+(a-p\cos 2\alpha-q\sin 2\alpha)\operatorname{tg}\alpha\\ z&=\lambda\,(a+p)\operatorname{tg}\alpha-\lambda q. \end{aligned}\right\} \quad (32)$$

Obavimo li u tim jednadžbama supstituciju s pomoću (31), dobijemo

$$\begin{aligned} \xi&=a+p-p\cos 2\alpha-q\sin 2\alpha\\ \eta-\lambda\zeta&=[q+(a-p\cos 2\alpha-q\sin 2\alpha)\operatorname{tg}\alpha]\sqrt{1+\lambda^2}\\ \lambda\eta+\zeta&=[(a+p)\operatorname{tg}\alpha-q]\,\lambda\cdot\sqrt{1+\lambda^2}. \end{aligned}$$

Ako se iz tih jednadžbi eliminira najprije η, a onda α, dobit će se

$$\lambda^2\xi^2+(1+\lambda^2)\,\zeta^2-2\lambda^2\,(a+p)\,\xi-2\lambda\sqrt{1+\lambda^2}\cdot q\,\zeta+ \\ +\lambda^2 a\,(a+2p)=0 \quad (33)$$

kao jednadžba projekcije krivulje k_3 na ravninu $(\xi\zeta)$. Ta je projekcija krivulja 2. reda, i to elipsa.

Zrake, koje projiciraju krivulju k_3 na ravninu $(\xi\zeta)$, čine eliptičan valjak, kojemu je (33) jednadžba. Taj ćemo valjak označiti sa Σ.

Valjak Σ i hiperboloid $\boldsymbol{H}$ imadu zajedničku izvodnicu j_0, pak se prema tome obje te površine prodiru u prostornoj krivulji 3. reda, i to u krivulji k_3. Budući da je valjak Σ eliptičan, krivulja je k_3 kubična elipsa.[1]

Možemo dakle reći:

Nožišne krivulje parabole k'_3 *jesu ortogonalne projekcije kubičnih elipsa* k_3.

24. Kružni presjeci valjka Σ. Poznato je, da se kubičnom elipsom može položiti samo jedan eliptičan valjak, a neizmjerno mnogo eliptičnih stožaca. Kad kubičnom elipsom prolazi samo jedna rotaciona površina 2. reda, kao u našem slučaju rotacioni hiperboloid $\boldsymbol{H}$ (isp. t. 27.), onda svaka ravnina, koja je okomita na osi te površine, siječe valjak Σ i svaki eliptični stožac u kružnici. Svaka naime ravnina, koja je okomita na osi rotacionog hiperboloida,

[1] Staudo O.: Analytische Geometrie der kubischen Kegelschnitte. Leipzig 1913, str. 39.

siječe kubičnu elipsu u jednoj realnoj i u dvije apsolutne tačke. Tima istim tačkama idu i presjeci valjka Σ i svih eliptičnih stožaca, pak su prema tome ti presjeci kružnice.

Ako se u jednadžbi (33) piše

$$\xi = x, \quad \eta = \frac{\lambda z + y}{\sqrt{1+\lambda^2}}, \quad \zeta = \frac{z - \lambda y}{\sqrt{1+\lambda_2}}, \tag{34}$$

dobit će se jednadžba valjka Σ s obzirom na koordinatni sustav $S(x\,y\,z)$. Imamo

$$\lambda^2 x^2 + (\lambda y - z)^2 - 2\lambda^2 (a+p)\, x - 2\lambda q\,(\lambda y - z) + \lambda^2 a\,(a+2p) = 0. \tag{35}$$

Uvrsti li se u tu jednadžbu $z = \lambda m$ $(m = E'_1 B_1)$ i jednadžba preinači, dobije se

$$[x - (a+p)]^2 + [y - (m+q)]^2 = p^2 + q^2$$

t. j. ravnina $z = \lambda m$ siječe valjak Σ u kružnici, kojoj su koordinate središta $[(a+p), (m+q), \lambda m]$, a polumjer $r = \sqrt{p^2+q^2}$.

U sl. 2. nacrtana je kružnica d_0 za slučaj $z = 0$ i tlocrt d'_1 kružnice d_1, koja ide tačkom E_1. Kružnica d_0 ide tačkama A, K i H; to je ista kružnica, o kojoj je bilo govora u t. 12. Središtem U kružnice d_0 ide os g valjka Σ usporedno s izvodnicom j_0; u toj osi leže središta kružnih presjeka valjka, a tlocrti središta leže u pravcu g'.

Izvodnica h_1 valjka Σ, koja ide tačkom H, jest asimptota krivulje k_3; tlocrt je te izvodnice h'_1 asimptota krivulje k'_3.

Kružnica d_1 siječe izvodnicu j_0 u tački P. Kružnica m_1, u kojoj ravnina $z = \lambda m$ siječe hiperboloid H ide tačkama P i E_1, a tlocrt m'_1 ide tačkama P' i E'_1. Opiše li se dakle oko S kružnica m'_1, koja ide tačkom P', ona siječe kružnicu d'_1 u tački E'_1. Prema tome nošišna bi se krivulja parabole dala konstruirati na slijedeći način:

Zadana je kružnica $k \equiv (S, a)$, jedna njezina tangenta j'_0 i pravac g', koji je u povoljnoj daljini $(a+p)$ usporedan s pravcem j'_0 (sl. 2). Opiše li se oko kojegod tačke Q pravca g' kružnica d'_1 s konstantnim polumjerom $r > p$, ona pravac j'_0 siječe u dvije tačke P' i R'. Opiše li se oko S kružnica m'_1, koja ide jednom od tih tačaka (na pr. tačkom P'), ona po drugi put siječe kružnicu d'_1 u tački E'_1, kojoj je geometrijsko mjesto nožišna krivulja parabole.

Budući da su pravci i'_1 i j'_0 tangente kružnice k i budući da su kružnice k i m'_1 koncentrične, slijedi, da je $A\,P' = B_1\,E'_1 = m$. Budući da je tačka C'_1 jednako udaljena od tačaka A i B_1, ona je, zbog jednakosti dužina $A\,P'$ i $B_1\,E'_1$, jednako udaljena i od tačaka P' i E'_1. Prema tome tačke P' i E'_1 leže na kružnici e'_1, kojoj je C'_1 središte, a $C'_1\,P'$ polumjer. Tačka E'_1 mogla bi se dobiti i kao drugo sjecište kružnicâ d'_1 i e'_1.

Budući da su tačke S, C'_1 i Q jednako udaljene od tačaka P' i F'_1, one leže u simetrali $S\,Q$ tačaka P' i E'_1, t. j. pravac $S\,Q$ siječe pravac j'_0 u tački C'_1.

25. Stožac Φ. Istražit ćemo, što je geometrijsko mjesto kružnica e_1. Koordinate su središta C'_1 kružnice e'_1 $(a, a \operatorname{tg} \alpha)$, a polumjer je te kružnice $r_1 = A P' - A C'_1 = m - a \operatorname{tg} \alpha$. Prema tome je jednadžba kružnice e'_1

$$(x - a)^2 + (y - a \operatorname{tg} \alpha)^2 = (m - a \operatorname{tg} \alpha)^2. \tag{36}$$

Kružnica e_1 ide tačkom E_1 i leži u horizontalnoj ravnini

$$z = \lambda (a + p) \operatorname{tg} \alpha - \lambda q. \tag{37}$$

Ako se iz tih dviju jednadžbi eliminira α i stavi $m = \frac{z}{\lambda}$, dobije se jednadžba

$$\begin{aligned} \lambda^2 (a + p)(x^2 + y^2) + (a - p) z^2 - 2 \lambda a y z - 2 \lambda^2 a (a + p) x - \\ - 2 \lambda a q (\lambda y - z) + \lambda^2 a^2 (a + p = 0 \end{aligned} \tag{38}$$

kao jednadžba za geom. mjesto kružnicâ e_1. Ta jednadžba prikazuje površinu 2. reda, i to eliptičan stožac, kojega ćemo označiti sa Φ. Vrh je toga stošca u pravcu j_0 i to u tački $M \left(a, \frac{aq}{p}, \frac{\lambda a q}{p}\right)$. Tlocrt je M' tačke M u sjecištu pravaca j'_0 i SO. Os stošca Φ projicira se u pravac j'_0. Hiperboloid $\boldsymbol{H}$, valjak Σ i stožac Φ imadu zajedničku izvodnicu j_0 i krivulju k_3.

Svaka ravnina $z = \lambda m$ siječe stožac Φ u kružnici e_k. U sl. 2. nacrtana je kružnica e_0 za slučaj kad je $z = 0$, i tlocrt e'_1 kružnice e_1, koja ide tačkom E_1. Središte kružnice e_0 leži u sjecištu pravaca j'_0 i SU.

26. Parametričke jednadžbe krivulje k_3. Obavi li se u jednadžbi (38) supstitucija iz (31) i jednadžba piše u homogenom obiku, dobit će se

$$\begin{aligned} \lambda^2 (a + p) \xi^2 + [(a - p) + \lambda^2 (a + p)] \zeta^2 - 2 \lambda p \eta \zeta + \\ + 2 \lambda \sqrt{1 + \lambda^2} \cdot a q \zeta t = 0. \end{aligned} \tag{39}$$

Sad su koordinate vrha $M \left(0, \frac{a q}{p} \sqrt{1 + \lambda^2}, 0\right)$.

Pomakne li se koordinatni sustav usporedno tako, da ishodište pane u tačku M, onda je jednadžba stošca s obzirom na taj novi sustav

$$\lambda^2 (a + p) \xi^2 + [(a - p) + \lambda^2 (a + p)] \zeta^2 - 2 \lambda p \eta \zeta = 0. \tag{40}$$

Transformira li se jednadžba (33) valjka Σ s obzirom na ishodište M, dobiti će se

$$\lambda^2 \xi^2 + (1 + \lambda^2) \zeta^2 - 2 \lambda^2 p \xi + 2 \lambda \sqrt{1 + \lambda^2} \cdot q \zeta = 0. \tag{41}$$

Smatramo li krivulju k_3 prodornom krivuljom valjka Σ i stošca Φ, onda se na temelju jednadžbi tih površina (40) i (41) mogu dobiti parametričke jednadžbe krivulje k_3, i to:[1]

$$\left.\begin{aligned} \varrho \xi &= 2 \lambda p \left(- \lambda p \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2}\right) \mu, \\ \varrho \eta &= \left[\lambda^2 (a + p) \mu^2 + \lambda^2 (a + p) + (a - p)\right]\left[- \lambda p \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2}\right], \\ \varrho \zeta &= 2 \lambda p \left[\lambda p \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2}\right], \\ \varrho t &= - p (\lambda^2 \mu^2 + \lambda^2 + 1). \end{aligned}\right\} \tag{42}$$

[1] Isporedi: O. Staude, k. g., § 3., t. 1., (6).

ϱ je faktor proporcionalnosti, a μ povoljni parametar. Svakom parametru μ pripada jedna tačka krivulje k_3.

27. Poznato je, da kubičnom elipsom mogu prolaziti dvije realne rotacione površine. U našem je slučaju jedna od tih dviju površina hiperboloid $\boldsymbol{H}$, dok druga površina može da bude rotacioni valjak ili rotacioni stožac. Valjak Σ je jedini valjak, koji prolazi kubičnom elipsom k_3, i taj je uvijek eliptičan. Između svih stožaca, koji prolaze kubičnom elipsom jedan jedini može da bude rotacioni, i to samo onda, kad hiperboloid $\boldsymbol{H}$ pređe u stožac, a to je u slučaju, kad je $a = 0$.[1] Budući da kroz našu kubičnu elipsu može prolaziti samo jedna rotaciona površina, obje neizmjerno daleke imaginarne tačke te krivulje panu u apsolutne tačke prostora.[2]

28. Dva osobita stošca, koji pripadaju kubičnoj elipsi.[3] Poznato je, da se svaka tačka prostorne krivulje 3. reda može uzeti za vrh stošca 2. reda, na kojem leži ta krivulja. Prikazat ćemo dva osobita stošca, koji sadržavaju kubičnu elipsu k_3.

Pravac s, koji ide tačkom O okomito na ravninu $(x\,y)$, siječe hiperboloid $\boldsymbol{H}$ u tačkama O_1 i O_2. Te dvije tačke pripadaju kubičnoj elipsi k_3, pak je pravac s bisekanta te krivulje. Poradi simetričnosti hiperboloida s obzirom na ravninu $(x\,y)$, tačke su O_1 i O_2 jednako udaljene od te ravnine, te je O_1 nad tom ravninom, a O_2 ispod nje. Daljina je pak tih tačaka od ravnine $(x\,y)$ jednaka $\pm\,\lambda\sqrt{p^2+q^2-a^2}$.

Tačke O_1 i O_2 uzet ćemo za vrhove dvaju stožaca Φ_1 i Φ_2 drugoga reda, na kojima leži kubična elipsa. Prema onome, što smo prije rekli, svaka ravnina, koja je okomita na osi hiperboloida H, siječe te stošce u krugovima. Ravnina $(x\,y)$ siječe stožac Φ_1 u kružnici m_0, a stožac Φ_2 u kružnici n_0. Te će se kružnice odrediti na slijedeći način:

Ponajprije položimo tačkom O_1 izvodnicu j_3, a tačkom O_2 izvodnicu j_4 hiperboloida $\boldsymbol{H}$. Obje te izvodnice pripadaju sistemu izvodnica j_k i projiciraju se u tangente j'_3, j'_4, što se s tačke O dadu povući na kružnicu k (sl. 4). Dirališta B_3 i B_4 tih tangenata jesu probodišta izvodnica j_3 i j_4 s ravninom $(x\,y)$.

Pravac $O_1 F \equiv q_1$, gdje je F neizmjerno daleka realna tačka kubične elipse, jest jedna izvodnica stošca Φ_1, i ona siječe ravninu $(x\,y)$ u tački Q_1. Isto tako je pravac $O_2 F \equiv q_2$ jedna izvodnica stašca Φ_2, te je njezino probodište tačka Q_2. Te su dvije izvodnice usporedne s izvodnicom j_0 hiperboloida $\boldsymbol{H}$, pak su prema tome jednako priklonjene prema ravnini $(x\,y)$ kao i izvodnice j_3, j_4, t. j. za kut ω. Prema tome će sjecišta B_3 i Q_1 izvodnica j_3 i q_1 (sjecišta B_4 i Q_2 izvodnica j_4 i q_2) biti jednako udaljena od tačke O_1 (O_2), t. j. $O_1 B_3 = O_1 Q_1$ ($O_2 B_4 = O_2 Q_2$). Isto tako će spomenuta sjecišta biti jednako udaljena od tačke O kao projekcije tačaka O_1 i O_2 na ravninu $(x\,y)$, t. j. $O B_3 = O B_4 = O Q_1 = O Q_2$, odakle se vidi, da tačke B_3, B_4, Q_1, Q_2 leže na kružnici k_0, kojoj je središte u tački O.

---

[1] Staude, k. g., § 16.

[2] Id., str. 83.

[3] Isporedi: Majcen, k. g., str. 77. i sl.

Tačka K kubične elipse leži u ravnini $(x\,y)$, pak tom tačkom moraju ići kružnice m_0 i n_0. Bisekanta s je zajednička izvodnica obih stožaca Φ_1 i Φ_2, te je njezino probodište u tački O. Prema tome obe kružnice m_0, n_0 moraju ići tačkom O. Kružnica m_0 određena je dakle tačkama K, O, Q_1, a kružnica n_0 tačkama K, O, Q_2. Budući da je izvodnica $O_1 B_3$ zajednička izvodnica hiperboloida $\boldsymbol{H}$ i stošca Φ_1, zato kružnica m_0 ide probodištem B_3 te izvodnice. S jednakih razloga kružnica n_0 ide tačkom B_4.

Po Bioche-evom zakonu[1] tačke K, U i središta kružnica m_0 i n_0 leže na istoj kružnici c_0.

Oba stošca Φ_1 i Φ_2 prodiru se u toj izvodnici s i u kubičnoj elipsi k_3. Svaki taj stožac prodire hiperboloid $\boldsymbol{H}$ u zajedničkoj izvodnici $O_1 B_3$, odnosno u $O_2 B_4$ i u kubičnoj elipsi. Izvodnice su q_1 i q_2 među sobom usporedne i sijeku se u neizmjerno dalekoj realnoj tački F krivulje k_3. Te su izvodnice ujedno izvodnice valjka Σ.

Ako je tačka O unutar kružnice k, bisekanta s je realna, dok su tačke O_1 i O_2 imaginarne, pak su imaginarni i stošci Φ_1 i Φ_2.

29. Hiperbolički paraboloid H, koji pripada kubičnoj elipsi. Prikazat ćemo jedan hiperbolički paraboloid, koji prolazi kubičnom elipsom k_3. Bisekanta je s jedna izvodnica te površine, dok su pravci $O E'_k$ tlocrti horizontalnoga sistema izvodnica. Da je tome tako, pokazat će jednadžba površine.

Jednadžba je pravca $O E'_1$, kao tlocrta horizontalnih izvodnica

$$y = x \operatorname{tg} \alpha,$$

a jednadžba nacrta ili bokocrta tih izvodnica

$$z = \lambda (a + p) \operatorname{tg} \alpha - \lambda q.$$

Eliminiramo li α iz tih dviju jednadžbi dobijemo jednadžbu hiperboličkog paraboloida, naime

$$x z + \lambda q x - \lambda (a + p) y = 0. \qquad (43)$$

Ravnine su $(x\,y)$ i $(y\,z)$ direkcione ravnine te površine. Horizontalne su izvodnice jednostavne sekante kubične elipse, a izvodnice, koje su usporedne s ravninom $(y\,z)$ jesu bisekante te krivulje. Za $z = 0$ imamo $q x = (a + p) y$. To je jednadžba izvodnice, koja leži u ravnini $(x\,y)$. Ta se izvodnica podudara s pravcem $J O$. Hiperbolički paraboloid H ima s hiperboloidom $\boldsymbol{H}$ zajednički onu izvodnicu, koja leži u ravnini $x = -(a + p)$, te pripada sistemu j_k.

30. Još dva hiperboloida, koji prolaze kubičnom elipsom. Vidjeli smo (t. 10. i 12., sl. 1.), da kružnica h_0, koja je opisana nad dužinom $S G'$ kao promjerom, raspolavlja one tetive $E'_1 E'_2$ krivulje k'_3, koje idu glavnom tačkom G'. Tu tetivu možemo smatrati tlocrtom jedne bisekante $E_1 E_2$ kubične elipse, i to takove bisekante, koja siječe jednostavnu sekantu krivulje $G G'$, što je u tački G' okomita na ravnini $(x\,y)$.

[1] Bioche, Sur les comiques qui sont les projections d'une cubique gauche, Nouv. ann. de Mathém. 1898.

Sve one bisekante kubične elipse, koje sijeku jednostavnu sekantu $G\,G'$ određuju površinu drugoga reda H_1, koja prolazi krivuljom k_3. Ta je površina eliptični hiperboloid.[1] Kružnica je h_0 kružni presjek toga hiperboloida s ravninom $(x\,y)$. Sve te bisekante pripadaju jednomu te istomu sistemu izvodnica površine H_1, pak tomu sistemu pripada i bisekanta s, koja se projicira kao tačka O. Izvodnice drugoga sistema čine jednostavne sekante među koje spada i sekanta $G\,G'$. Budući da izvodnice jednoga sistema sijeku sve izvodnice drugoga sistema, to tloerti drugoga sistema izvodnica hiperboloida H_1 idu tačkom O. Prema tomu su tloerti obih izvodnica, što prolaze tačkom E_1, $E'_1\,G'$ i $E'_1\,O$.

Oba hiperboloida H i H_1 imadu zajedničku izvodnicu j_0.

Pravac g' raspolavlja tetive $E'_1\,E'_3$ krivulje k'_3 (t. 14.). Pravac je g tloert osi eliptičnog valjka Σ, a $E'_1\,E'_3$ jest tloert jedne bisekante ili tetive kubične elipse (sl. 1). Os g raspolavlja tetivu $E_1\,E_3$ u tački Z. Da pravac g uistinu siječe bisekantu $E_1\,E_3$ zaključujemo odatle, što su tačke E_1 i E_3 na onim izvodnicama valjka Σ, koje leže u dijametralnoj ravnini toga valjka.

Poznato je,[2] da su sve tetive, što ih raspolavlja os eliptičnog valjka Σ, izvodnice hiperboloida H_2, koji prolazi kubičnom elipsom, pak prema tome tetive $E_1\,E_3$ određuju taj hiperboloid. Hiperboloidi H i H_2 imadu zajedničku izvodnicu j_0.

31. Površine 3. reda, koje prolaze kubičnom elipsom. 1. Uzmimo, da je kružnica k'_1 (sl. 1.) tloert kružnice k_1, koja ide tačkom E_1, te je usporedna s ravninom $(x\,y)$. Kružnice k_1 određuju površinu 3. reda.

Koordinate su središta D' kružnice k'_1

$$\left(0,\ \frac{a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha}{\sin 2\alpha}\right),\quad \text{polumjer } r = \frac{a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha}{\sin 2\alpha}.$$

Prema tome je jednadžba kružnice k'_1

$$x^2 + y^2 - \frac{2y}{\sin 2\alpha}(a - p\cos 2\alpha - q\sin 2\alpha) = 0.$$

Budući da je za tačku E_1

$$z = \lambda\,(a + p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda q,$$

dobijemo, kad iz tih dviju jednadžbi eliminiramo α

$$(x^2 + y^2)\,(z + \lambda q)\,\lambda = y\,[\lambda^2\,(a^2 - p^2 - q^2) + z^2] \qquad (44)$$

kao jednadžbu površine, koju određuju kružnice k_1. Ta je površina (Ω_1) trećega reda.

Pravac s, neizmjerno daleki pravac ravnine $(x\,y)$, te pravac, kojemu su jednadžbe $y = 0$, $z = -\lambda q$, leže na površini Ω_1. Ti su pravci zajednički s izvodnicama hiperboličkog paraboloida Π_1. Obje se te površine prodiru još u krivulji trećega reda, i to baš u kubičnoj elipsi, a to zaključujemo odatle,

[1] Isporedi: Majcen, kao gore, str. 81.

[2] O. Staude, kao gore, str. 90.

što se jednadžbe projekcija te prodorne krivulje na koordinatne ravnine podudaraju s jednadžbama (5'), (29), (30) kubične elipse.

Geometrijsko je mjesto središta kružnica k_1 hiperbola, koja leži u ravnini $(y\,z)$.

D o k a z.

Koordinate su središta kružnice k_1

$$x = 0, \quad y = \frac{a - p\cos 2\alpha - q \sin 2\alpha}{\sin 2\alpha}, \quad z = \lambda\,(a + p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda\,q\,.$$

Eliminiramo li α iz posljednjih dviju jednadžbi dobijemo jednadžbu za traženo geom. mjesto, naime

$$z^2 - 2\,y\,(z + \lambda\,q)\,\lambda - \lambda^2\,(p^2 + q^2 - a^2) = 0,$$

ili kad pišemo $y - q$ mjesto y i $z - \lambda\,q$ mjesto z imamo

$$z^2 - 2\,\lambda\,y\,z - \lambda^2\,(p^2 - a^2) = 0\,.$$

Ta nam jednadžba dokazuje, da je traženo geom. mjesto hiperbola, kojoj je središte u ishodištu, a asimptote $z = 0$ i $z = 2\,\lambda\,y$.

2. Kružnicu k'_2 (sl. 1.) možemo smatrati tlocrtom horizontalne kružnice k'_2, koja ide tačkom E_1. Središte je kružnice k'_2 u tački, u kojoj okomica, povučena središtem kružnice k'_1 na pravac $O\,E'$, siječe os x. Lako se nađe, da su koordinate toga središta T'

$$\left[\frac{a - p\cos 2\alpha - q \sin 2\alpha}{2\cos^2\alpha},\ 0\right].$$

Polumjer je kružnice jednak apscisi središta. Prema tome je jednadžba kružnice k'_2

$$x^2 + y^2 = x\,[a - p + (a + p)\,\mathrm{tg}^2\,\alpha - 2\,q\,\mathrm{tg}\,\alpha].$$

Budući da je koordinata kružnice k_2

$$z = \lambda\,(a + p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda\,q,$$

dobijemo, kad iz tih dviju jednadžbi eliminiramo α, jednadžbu površine Ω_2 trećega reda, naime

$$(x^2 + y^2)\,(a + p)\,\lambda^2 = x\,[z^2 - \lambda^2\,(p^2 + q^2 - a^2)]. \qquad (45)$$

Horizontalne kružnice k_2 određuju površinu trećega reda. Ta površina imade s hiperboličkim paraboloidom Π_1 ove zajedničke izvodnice: pravac s i neizmjerno daleke pravce ravnina $(x\,y)$ i $(y\,z)$. Obje se te površine prodiru u kubičnoj elipsi k_3.

Geometrijsko je mjesto središta kružnica k_2 parabola, koja leži u ravnini $(x\,z)$.

D o k a z.

Koordinate su središta kružnice k_2

$$x = \frac{a - p\cos 2\alpha - q \sin 2\alpha}{2\cos^2\alpha}, \quad y = 0, \quad z = \lambda\,(a + p)\,\mathrm{tg}\,\alpha - \lambda\,q\,.$$

Kad iz prve i treće jednadžbe eliminiramo α, dobijemo jednadžbu

$$z^2 - 2\lambda^2 (a + p)\, x - \lambda^2 (p^2 + q^2 - a^2) = 0,$$

koja predočuje geom. mjesto središta kružnica k_2. To je geom. mjesto parabola.

4. Kružnicu k'_4 (sl. 1.) možemo smatrati tlocrtom kružnice k_4, koja ide tačkom E_1, te je usporedna s ravninom $(x\,y)$. Kružnice k_4 određuju površinu trećega reda Ω_3, koja prolazi kubičnom elipsom.

D o k a z.

Središte Z' kružnice k'_4 leži na pravcu g' i na pravcu, koji ide tačkom S usporedno s tangentom i'_1, pak su koordinate toga središta

$$[a, \quad -(a + p) \operatorname{cotg} 2\alpha - q],$$

a polumjer kružnice k'_4

$$r = \sqrt{a^2 + [(a + p) \operatorname{cotg} 2\alpha + q]^2}.$$

Prema tome je jednadžba te kružnice

$$x^2 + y^2 - 2ax + 2y\,[(a + p) \operatorname{cotg} 2\alpha + q] = 0.$$

Jednadžba je nacrta kružnice k_4

$$z = \lambda (a + p) \operatorname{tg} \alpha - \lambda q.$$

Eliminiramo li α iz posljednjih dviju jednadžbi, dobijemo jednadžbu površine, što je određuju kružnice k_4, naime

$$(x^2 + y^2 - 2ax)(z + \lambda q)\,\lambda + y\,[\lambda^2 (a + p)^2 + \lambda^2 q^2 - z^2] = 0. \quad (46)$$

Kružnice k_4 određuju površinu trećega reda.

Površina Ω_3 ima četiri osobite izvodnice, i to: pravac s, pravac $x = 2a$, $y = 0$, pravac $y = 0$, $z = -\lambda q$ i neizmjerno daleki pravac ravnine $(x\,y)$. Ta površina ima s hiperboličkim paraboloidom Π_1 zajedničke izvodnice prvi, treći i četvrti od spomenutih pravaca, pak je prema tome preostali dio prodorne krivulje tih dviju površina kubična elipsa.

Geometrijsko je mjesto središtâ Z kružnicâ k_4 hiperbola, koja leži u ravnini $\parallel (y\,z)$.

D o k a z.

Koordinate su središta kružnice k_4

$$x = a, \quad y = -(a + p) \operatorname{cotg} 2\alpha - q, \quad z = \lambda (a + p) \operatorname{tg} \alpha - \lambda q.$$

Eliminiramo li α iz posljednjih dviju jednadžbi, dobijemo jednadžbu, koja predočuje geom. mjesto središta Z, naime

$$z^2 - 2\lambda (z + \lambda q)\, y - \lambda^2 [(a + p)^2 + q^2] = 0.$$

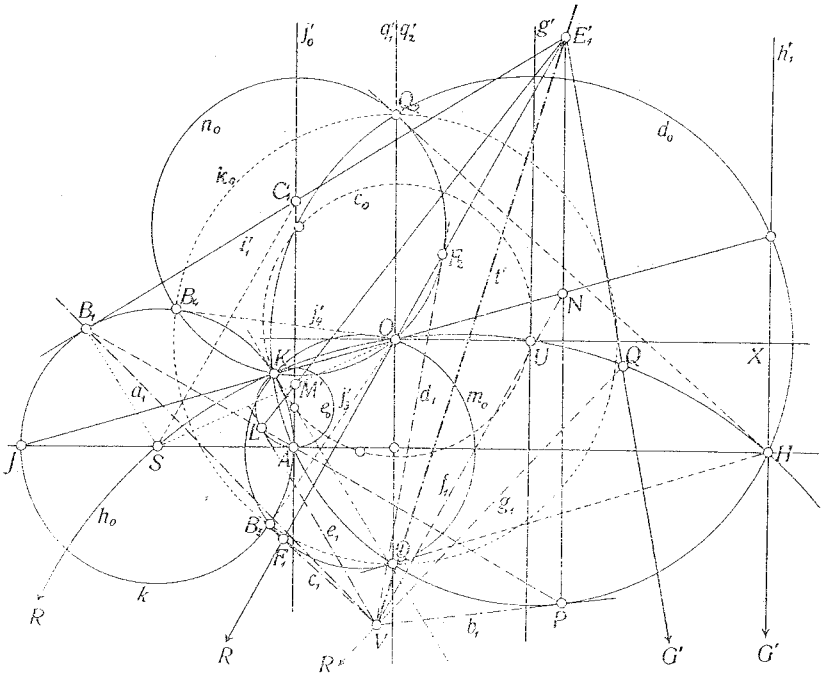
To je jednadžba hiperbole, pak time dokazasmo našu tvrdnju.

32. Konstrukcija tangenata kubične elipse i njezinih projekcija. Smatramo li kubičnu elipsu k_3 prodornom krivuljom dviju površina, pak u promatranoj tački E_1 te krivulje položimo dirne ravnine na jednu i na drugu površinu, obje se te ravnine sijeku u pravcu t, koji je tangenta krivulje k_3 u toj tački. Ta se opet tangenta projicira na kojugod ravninu, na pr. na

ravninu (xy), kao tangenta t' projekcije krivulje na tu ravninu, a diralište E_1 prostorne tangente projicira se kao diralište E'_1 projekcije t' tangente t.

Naša kubična elipsa jest prodorna krivulja rotacionog hiperboloida $\boldsymbol{H}$, eliptičnog hiperboloida $\boldsymbol{H}_1$, eliptičnog valjka $\boldsymbol{\Sigma}$, eliptičnih stožaca $\boldsymbol{\Phi}$, $\boldsymbol{\Phi}_1$, $\boldsymbol{\Phi}_2$, hiperboličkog paraboloida $\boldsymbol{\Pi}$ i ostalih površina, koje prolaze krivuljom k_3. Položimo li u nekoj tački E_1 krivulje k_3 dirne ravnine na kojegod dvije te površine, te se ravnine sijeku u pravcu t, koji je tangenta krivulje k_3 u tački E_1.

Ravninu (xy) grlene kružnice hiperboloida $\boldsymbol{H}$ uzet ćemo za tlocrtnu ravninu. Dirna ravnina hiperboloida $\boldsymbol{H}$ u tački E_1 sadrži obje izvodnice te



Slika 4.

površine, koje idu tačkom E_1. Tlocrtni trag a_1 te dirne ravnine ide probodištima tih izvodnica ili diralištem B_1 tangente i'_1 i kružnice k okomito na pravac SE'_1 (sl. 4).

Dirna ravnina valjka $\boldsymbol{\Sigma}$ u tački E_1 sadrži izvodnicu valjka, na kojoj leži ta tačka. Tlocrt izvodnice ide tačkom E'_1 usporedno s asimptotom h'_1, a probodište izvodnice s ravninom (xy) leži na kružnici d_0 u tački P. Trag b_1 dirne ravnine valjka $\boldsymbol{\Sigma}$ u tački E_1 ide probodištem P i dotiče kružnicu d_0 u toj tački. Oba se traga a_1 i b_1 sijeku u tački V, koja je probodište tražene tangente t, pak spojimo li tačke V i E_1 pravcem imamo tangentu krivulje k_3 u tački E_1. Pravac pak VE'_1, jest tangenta t' krivulje k_3 tački E'_1.

Spojimo li tačku E_1 s tačkom O_1 (ili s O_2) pravcem, imamo izvodnicu stošca $\boldsymbol{\Phi}_1$ (ili $\boldsymbol{\Phi}_2$), koja ide tačkom E_1. Tlocrt se obih tih izvodnica podudara s pravcem OE'_1. Drugo sjecište F_1 (ili F_2) toga pravca s kružnicom m_0 (ili

n_0) jest probodište izvodnice $E_1 O_1^{\infty}$ (odnosno $E_1 O_2$) s ravninom $(x\,y)$. Dirna ravnina stošca Φ_1 (ili Φ_2) sadrži izvodnicu toga stošca, koja ide tačkom E_1. Trag c_1 (ili d_1) te dirne ravnine ide probodištem F_1 (ili F_2) i dotiče kružnicu m_0 (n_0). Oba se traga c_1 i d_1 sijeku među sobom i s tragovima a_1 i b_1 u tački V.

Pravac $M E_1$ je izvodnica stošca Φ, koja ide tačkom E_1, krivulje k_3. Tlocrt je te izvodnice pravac $M' E'_1$, a njezino probodište s ravninom $(x\,y)$ u tački L, koja leži u sjecištu kružnice e_0 s pravcem $M' E'_1$. Trag e_1 dirne ravnine stošca Φ uzduž izvodnice $M E_1$ ide tačkom L i dotiče kružnicu e_0. I taj trag ide tačkom V.

U pravac J_{∞} projicira se ona horizontalna izvodnica hiperboličkog paraboloida Π, koja leži u ravnini $(x\,y)$. U toj izvodnici leže probodišta svih izvodnica drugoga sistema površine Π, koje su usporedne s ravninom $(y\,z)$. Tlocrt izvodnice toga sistema, koja prolazi tačkom E_1, projicira se u pravac $E'_1 P$, koji ide tačkom E'_1 usporedno s pravcem j'_0. Pravci se $E'_1 P$ i $J O$ sijeku u tački N, koja je probodište izvodnice $E_1 N$.

Pravac $O E'_1$ je tlocrt horizontalne izvodnice hiperboličkog paraboloida Π. Ta je izvodnica horizontalna sutražnica dirne ravnine površine Π i zato trag f_1 te ravnine u tački E_1 ide tačkom N usporedno s pravcem $O E'_1$. Trag f_1 ide tačkom V.

Pravci su $E'_1 G$ i $E'_1 O$ tlocrti obih izvodnica eliptičnog hiperboloida $\boldsymbol{H}_1$, koje prolaze tačkom E_1. Probodišta su tih izvodnica na kružnici h_0 u tačkama Q i R. Sastavnica g_1 tih tačaka jest trag dirne ravnine površine $\boldsymbol{H}_1$ u tački E_1. I taj trag mora ići tačkom V.

Tačku V, koja je probodište tangente t krivulje k_3 u tački E_1, možemo dobiti kao sjecište kojihgod dvaju pravaca a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1. Imamo li tu tačku, pak je spojimo s tačkom E'_1, onda je taj pravac tangenta t' tlocrta k'_3 krivulje k_3, dakle tangenta nožišne krivulje parabole u tački E'_1.

Projiciramo li tačku V u os x u tački V'' (ili u os y u tački V'''), onda je pravac $V'' E''_1$ nacrt, a pravac $V''' E'''_1$ bokocrt tangente t, odnosno tangenta nacrta k''_3 ili bokocrta k'''_3 krivulje k_3.

Radi li se o konstrukciji tangenata nožišnih krivulja parabole, onda se ta konstrukcija najjednostavnije provede s pomoću pravaca a_1 i f_1. U tom slučaju morao bi biti poznat izvanredni pokus S krivulje i kružnica k. Za neke specijalne slučajeve ovih krivulja konstrukcija se tangente još više pojednostavi.

Izvodnice su q_1 i q_2 stožaca Φ_1 i Φ_2 među sobom usporedne i sijeku se u neizmjerno dalekoj tački F kubične elipse. Dirne ravnine tih stožaca uzduž izvodnica q_1 i q_2 sijeku se u pravcu h_1, koji je asimptota kubične elipse. Tragovi tih dirnih ravnina idu tačkama Q_1, odnosno Q_2, i sijeku se u tački H na pravcu $S X$. Ta tačka leži i na kružnici d_0 i njom ide asimptota krivulje usporedno s j_0.

Tangente u dvostrukoj tački O krivulje k'_3 podudaju se s tangentama kružnicâ m_0 i n_0 u toj tački.

Znamo da pravac $E'_1 E'_2$ ide glavnom tačkom G' krivulje k'_3 (sl. 1). Okreće li se taj pravac oko tačke G', pa kod toga okretanja tačka E'_2 pane u tačku G', onda se taj pravac podudara s tangentom u tački G'. Ta pak tangenta siječe krivulju k'_3 u tački G_1, koja leži na pravcu g'. Ako naime na pravcu $G_1 G'$ nema treće tačke krivulje, onda krajnje tačke G_1 i G' tetive $G_1 G'$ leže na usporednim pravcima g' i h'_1, pak polovište te tetive mora pasti u simetralu dužine UX. Budući da je a apscisa tačke G_1, a $(a + p)$ apscisa tačke G', to je apscisa poloviša dužine $G_1 G'$ jednaka $(a + \frac{1}{2} p)$, pak vidimo, da to polovište uistinu leži u simetrali dužine UX i da prema tome tangenta krivulje u tački G' siječe tu krivulju u tački G_1, koja leži na pravcu g'.

33. Tlocrti su kubične elipse specijalni slučajevi nožišnih krivulja parabole.

1. $p = a$. *Tlocrt je kubične elipse oštrida.*

Parametričke jednadžbe prema (28):

$$x = 2a \sin^2 \alpha - q \sin 2\alpha,$$
$$y = \operatorname{tg} \alpha (2a \sin^2 \alpha - q \sin 2\alpha),$$
$$z = \lambda (2a \operatorname{tg} \alpha - q),$$

ili prema (42)

$$\varrho \xi = 2\lambda a (-\lambda a \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2})\, \mu,$$
$$\varrho \eta = 2\lambda^2 a (1 + \mu^2)(-\lambda a \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2}),$$
$$\varrho \zeta = 2\lambda a (-\lambda a \mu + q \sqrt{1 + \lambda^2}),$$
$$\varrho t = -a [\lambda^2 (1 + \mu^2) + 1].$$

Prema (29) i (30) imamo:

$$k''_3 \equiv x [4\lambda^2 a^2 + (z + \lambda q)^2] - 2a (z^2 - \lambda^2 q^2) = 0,$$
$$k'''_3 \equiv (z + \lambda q)^3 (\lambda y - z + \lambda q) + 2\lambda^3 a y = 0.$$

Ako se u jednadžbama (35) i (38) piše $(x + p)$ mjesto x i $(y + q)$ mjesto y dobit će se jednadžbe valjka Σ i stošca Φ s obzirom na ishodište O. Jednadžba će valjka biti

$$\lambda^2 (x^2 + y^2) + z^2 - 2\lambda y z - 2\lambda^2 a x - \lambda^2 (p^2 + q^2) - a^2 = 0, \quad (47)$$

a jednadžba stošca Φ

$$\lambda^2 (a + p)(x^2 + y^2) + (a - p) z^2 - 2\lambda a y z + 2\lambda^2 (p^2 - a^2) x + 2\lambda^2 p q y + \lambda^2 (p - a)(p^2 + q^2 - a^2) = 0. \quad (48)$$

Stavi li se u tim jednadžbama $p = a$, dobit će se

$$\Sigma \equiv \lambda^2 (x^2 + y^2) + z^2 - 2\lambda y z - 2\lambda^2 a x - \lambda^2 q^2 = 0,$$
$$\Phi \equiv \lambda (x^2 + y^2) - y z + \lambda p y = 0.$$

Vrh je stošca Φ u tački, kojoj su koordinate $(0, 0, \lambda q)$, t. j. u tački O_1. Odatle zaključujemo, da su stošci Φ i Φ_1 identični. Kružni su presjeci m_0 i e_0 identični, te prolaze tačkama A, K, O.

Jednadžba hiperboličkog paraboloida Π prema (43):

$$x z + \lambda q x - 2 \lambda a y = 0 .$$

Površina se trećega reda Ω_1 (44) raspada na pravac $z = -\lambda q$, koji je u ravnini $(x z)$ i na površinu 2. reda

$$\lambda (x^2 + y^2) - y z + \lambda q y = 0 .$$

Ta je površina identična sa stošcem Φ, odnosno s Φ_1. Kružnice k_1 jesu kružni presjeci toga stošca.

Jednadžba površine Ω_2 prema (45):

$$2 \lambda^2 a (x^2 + y^2) = x (z^2 - \lambda^2 q^2) .$$

Jednadžba površine Ω_3 prema (46):

$$\lambda (x^2 + y^2 - 2 a x) (z + \lambda q) + y [\lambda^2 (4 a^2 + q^2) - z^2] .$$

2. $p = 0$. *Tlocrt je kubične elipse Majcenova krivulja.*

$$\begin{aligned} x &= a - q \sin 2 \alpha , \\ y &= \operatorname{tg} \alpha (a - q \sin 2 \alpha) , \\ z &= \lambda (a \operatorname{tg} \alpha - q) . \end{aligned}$$

[28][1]

[29] $k''_3 \equiv x [\lambda^2 a^2 + (z + \lambda q)^2] - a [z^2 - \lambda^2 (q^2 - a^2)] = 0$

[30] $k'''_3 \equiv (\lambda q + z)^2 (\lambda y + \lambda q - z) - \lambda^2 a^2 (\lambda q + z) + 4 \lambda^3 a^2 y = 0$

[47] $\Sigma \equiv \lambda^2 (x - a)^2 + (z - \lambda y)^2 - \lambda^2 q^2 = 0 .$

[48] $\Phi \equiv \Sigma .$

[43] $\Pi \equiv x z + \lambda (q x - a y) = 0 .$

[44] $\Omega_1 \equiv (x^2 + y^2) (z + \lambda q) \lambda = y [\lambda^2 (a^2 - q^2) + z^2] .$

[45] $\Omega_2 \equiv \lambda^2 a (x^2 + y^2) = x [z^2 - \lambda^2 (q^2 - a^2)] .$

[46] $\Omega_3 \equiv (x^2 + y^2 - 2 a x) (z + \lambda q) \lambda + y [\lambda^2 (a^2 + q^2) - z^2] = 0 .$

3. $a = 0$. *Tlocrt je kubične elipse kosa strofoida.*

$$\begin{aligned} x &= -p \cos 2 \alpha - q \sin 2 \alpha , \\ y &= -\operatorname{tg} \alpha (p \cos 2 \alpha + q \sin 2 \alpha) , \\ z &= \lambda (p \operatorname{tg} \alpha - q) . \end{aligned}$$

[28]

[29] $k''_3 \equiv x [\lambda^2 p^2 + (z + \lambda q)^2] - p [z^2 - \lambda^2 (p^2 + q^2)] = 0 .$

[30] $k'''_3 \equiv (z + \lambda q)^2 (\lambda y + \lambda q - z) + \lambda^2 p^2 (\lambda q + z) + \lambda^3 p^2 y = 0 .$

[47] $\Sigma \equiv \lambda^2 x^2 + (z - \lambda y)^2 - \lambda^2 (p^2 + q^2) = 0 .$

[48] $\Phi \equiv \lambda^2 (x - p)^2 + \lambda^2 (y + q)^2 - z^2 = 0 . \quad - \Phi \equiv H .$

Vrh je stošca Φ u ravnini $(x y)$, i to u tački S. Taj je stožac rotacioni stožac; u njega je prešao hiperboloid H.

[43] $\Pi \equiv x z + \lambda (q x - p y) = 0 .$

[44] $\Omega_1 \equiv (x^2 + y^2) (z + \lambda q) \lambda = y [z^2 - \lambda^2 (p^2 + q^2)] . \quad - \Omega_3 \equiv \Omega_1 .$

[45] $\Omega_2 \equiv (x^2 + y^2) p \lambda^2 = x [z^2 - \lambda^2 (p^2 + q^2)] .$

Kad bismo stožac Φ htjeli upotrebiti za konstrukciju tangente t u tački E_1, onda bismo trag e_1 dirne ravnine toga stošca uzduž izvodnice $M E_1 \equiv S E_1$

[1] [28] znači „prema jednadžbi (28)“, itd.

dobili tako, da tačkom S potegnemo okomicu na SE'_1. Ta je okomica trag e_1. Budući da je trag f_1 dirne ravnine hiperboličkog paraboloida Π usporedan sa SE'_1, to je $e_1 \perp f_1$. Prema tomu je konstrukcija tangente kose strofoide vrlo jednostavna.

4. $q = 0$. *Tlocrt je kubične elipse Stuse-ova konhoida.*

[28]
$$x = a - p\cos 2\alpha,$$
$$y = \operatorname{tg}\alpha\,(a - p\cos 2\alpha),$$
$$z = \lambda\,(a + p)\operatorname{tg}\alpha.$$

[42]
$$\varrho\,\xi = 2\lambda^2\,p\,\mu^2,$$
$$\varrho\,\eta = \lambda\,\mu\,[\lambda^2\,(a + p)\,\mu^2 + \lambda^2\,(a + p) + (a - p)],$$
$$\varrho\,\zeta = 2\lambda^2\,p\,\mu,$$
$$\varrho\,t = (\lambda^2\,\mu^2 + \lambda^2 + 1).$$

[29] $k''_3 \equiv x\,[\lambda^2\,(a + p)^2 + z^2] - (a + p)\,[z^2 - \lambda^2\,(p^2 - a^2)].$

[30] $k'''_3 \equiv z^2\,(\lambda\,y - z) - \lambda^2\,(a^2 - p^2)\,z + \lambda^3\,(a + p)^2\,y = 0.$

[47] $\Sigma \equiv \lambda^2\,(x - a)^2 + (z - \lambda\,y)^2 - \lambda^2\,p^2 = 0.$

[48] $\Phi \equiv \lambda^2\,(a + p)\,(x^2 + y^2) + (a - p)\,z^2 - 2\,\lambda\,a\,y\,z + 2\,\lambda^2\,(p^2 - a^2)\,x + \lambda^2\,(p - a)\,(p^2 - a^2) = 0.$

[43] $\Pi \equiv x\,z = \lambda\,(a + p)\,y.$

[44] $\Omega_1 \equiv (x^2 + y^2)\,z\,\lambda = y\,[z^2 - \lambda^2\,(p^2 - a^2)].$

[45] $\Omega_2 \equiv (x^2 + y^2)\,(a + p)\,\lambda^2 = x\,[z^2 - \lambda^2\,(p^2 - a^2)].$

[46] $\Omega_3 \equiv (x^2 + y^2 - 2\,a\,x)\,z\,\lambda = y\,[z^2 - \lambda^2\,(a + p)^2].$

Kružni presjek d_0 valjka Σ dotiče asimptotu h'_1 u tački H.

Vrh je stošca Φ u ravnini $(x\,y)$, i to u tački A. Središte se tlocrta e'_1 kružnog presjeka e_1 nalazi u tački C'_1, u kojoj se sijeku pravci i'_1 i j'_1 (sl. 5).

Horizontalna izvodnica hiperboličkog paraboloida Π, što leži u ravnini $(x\,y)$, podudara se s osi apscisa $S\,O$.

Budući da je glavna tačka G' u neizmjerno dalekoj tački konhoide, to je polumjer kružnog presjeka h_0 eliptičnog hiperboloida H_1 s ravninom $(x\,y)$ neizmjerno velik, pak se ta kružnica raspala na pravac $S\,O$ i na neizmjerno daleki pravac ravnine $(x\,y)$. Eliptični je hiperboloid prešao u hiperbolički paraboloid Π.

Kružni su presjeci m_0 i n_0 stožaca Φ_1 i Φ_2 s ravninom $(x\,y)$ među sobom kongruentni i simetrično namješteni s obzirom na os apscisa $S\,O$, a jer su i vrsi O_1 i O_2 tih stožaca simetrično namješteni prema ravnini $(x\,y)$, zaključujemo, da su oba ta stošca kongruentna.

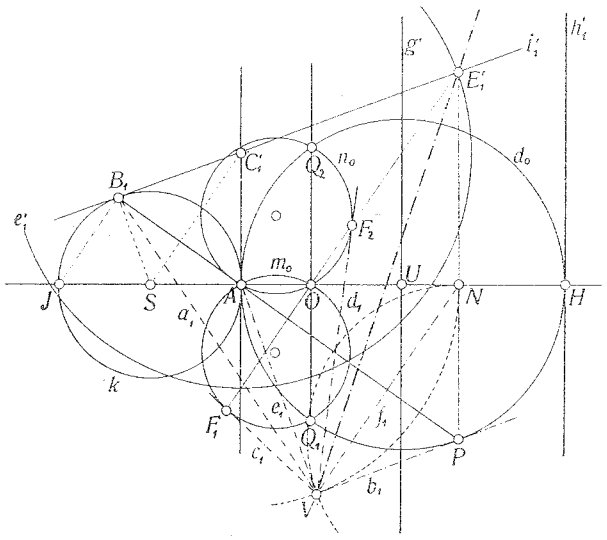
U sl. 5. konstruirane su tangente konhoide s pomoću dirnih ravnina površina H, Σ, Φ, Φ_1, Φ_2 i Π, odnosno s pomoću tragova tih ravnina a_1—f_1, koji se sijeku u tački V.

Trag e_1 dirne ravnine stošca Φ ide tačkom A, a usporedan je s tangentom kružnice e'_1 u tački E'_1, dakle $e_1 \perp i'_1$.

Trag b_1, koji je tangenta kružnice d_0 u tački P, usporedan je s pravcem i'_1.

Dokaz.

Pravac $E_1 B_1$ je izvodnica hiperboloida $\mathcal{H}$, a $E_1 P$ izvodnica valjka Σ. Budući da su obje te izvodnice jednako priklonjene prema ravnini $(x\,y)$, to je $E'_1 B_1 = E'_1 P$. Prema tome je trokut $P B_1 E'_1$ istokračan. Budući da je trokut $A B_1 C'_1$ također istokračan i budući da stranica $B_1 C'_1$ pada u stranicu $B_1 E'_1$ sa zajedničkim vrhom u B_1, i da je $C'_1 A \parallel E'_1 P$, tad slijedi, da je $\triangle A B_1 C'_1 \sim \triangle P B_1 E'_1$ i da sastavnica $B_1 P$ ide tačkom A. Kako je tačka A unutarnje perspektivno središte za obje kružnice k i d_0, to su tačke B_1 i P dvije pridružene tačke. Tangente pak i'_1 i b_1 u takvim tačkama moraju biti među sobom usporedne i time dokazasmo našu tvrdnju.



Slika 5.

Budući da je $b_1 \parallel i'_1$ i $e_1 \perp i'_1$, to je $e_1 \perp b_1$. Prema tome je geom. mjesto tačke V nožišna krivulja kružnice d_0 s obzirom na jednu tačku te kružnice. Ta je krivulja kardioida i ona je trag razmotljive površine kubične elipse za slučaj $q = 0$.

Tačku V mogli bismo dobiti i na slijedeći način: Budući da je $A V \parallel S B_1$, to je $\sphericalangle N A V = 180^0 - 2\alpha$, a jer je $\sphericalangle V N A = \alpha$, to je i $\sphericalangle A V N = \alpha$. Prema tome je trokut $V N A$ istokračan, dakle $A V = A N$. Opišemo li oko tačke A luk s polumjerom $A N$, on siječe pravce a_1, c_1, d_1, e_1, f_1, a pravac b_1 dotiče u tački V.

Pravac $P A$ okomit je na $S C'_1$, a jer je $N V \parallel S C'_1$, to je $A P \perp N V$ i raspolavlja tu dužinu. Prema tome je tačka P u simetrali $A P$ tačaka N i V, i zato je $P N = P V$.

Opišemo li oko tačke A luk s polumjerom $A N$, a oko tačke P luk s polumjerom $P N$, oba se ta luka sijeku u tački V.

Najjednostavnija bi bila konstrukcija tangente Sluse-ove konhoide u tački E'_1 ova: S tačke E'_1 spustimo okomicu na os konhoide, povučemo njezinim

nožištem N usporednicu f_1 s OE'_1 i siječemo je lukom, koji je opisan oko vrha A preko N, u tački V. Pravac VE'_1 je tražena tangenta u tački E'_1.

Budući da su strofoida, Dioklova kisoida, Maclaurinova trisekanta i pratilice tih krivulja specijalni slučajevi Sluse-ovih konhoida, to konstrukcije tangenata vrijede i za te posebne slučajeve.

5. $q = 0$, $p = a$. *Tlocrt je kubične elipse Dioklova kisoida.*

[28] $x = 2a \sin^2\alpha, \quad y = 2a \sin^2\alpha \operatorname{tg}\alpha, \quad z = 2\lambda a \operatorname{tg}\alpha.$

[42] $\varrho\xi = 2\lambda^2 a\mu^2, \quad \varrho\eta = 2\lambda^2 a\mu(\mu^2+1), \quad \varrho\zeta = 2\lambda^2 a\mu,$
$\varrho t = \lambda^2\mu^2 + \lambda^2 + 1.$

[29] $k''_3 \equiv z^2(x - 2a) + 4\lambda^2 a^2 x = 0.$

[30] $k'''_3 \equiv z^2(\lambda y - z) + 4\lambda^3 a^2 y = 0.$

[47] $\Sigma \equiv \lambda^2(x - 2a)x + (z - \lambda y)^2 = 0.$

[48] $\Phi \equiv \lambda(x^2 + y^2) - yz = 0.$

[43] $\Pi \equiv xz = 2\lambda a y.$

[44] $\Omega_1 \equiv \Phi.$

[45] $\Omega_2 \equiv 2\lambda^2 a(x^2 + y^2) = xz^2.$

[46] $\Omega_3 \equiv (x^2 + y^2 - 2ax)z\lambda = y(z^2 - 4\lambda^2 a^2).$

$\Phi_1 \equiv \Phi_2 \equiv \Phi \equiv \Omega_1$

6. $a = 0$, $q = 0$. *Tlocrt je kubične elipse upravna strofoida.*

[28] $x = -p\cos 2\alpha, \quad y = -p\cos 2\alpha \operatorname{tg}\alpha, \quad z = \lambda p \operatorname{tg}\alpha.$

[42] $\varrho\xi = 2\lambda^2 p\mu^2, \quad \varrho\eta = \lambda p\mu(\lambda^2\mu^2 + \lambda^2 - 1, \quad \varrho\zeta = 2\lambda^2 p\mu,$
$\varrho t = \lambda^2\mu^2 + \lambda^2 + 1.$

[29] $k''_3 \equiv z^2(x - p) + \lambda^2 p^2(x + p) = 0.$

[30] $k'''_3 \equiv z^2(\lambda y - z) + \lambda^2 p^2(\lambda y + z) = 0.$

[47] $\Sigma \equiv \lambda^2(x^2 - p^2) + (z - \lambda y)^2 = 0.$

[48] $\Phi \equiv \lambda^2(x + p)^2 + \lambda^2 y^2 - z^2 = 0.$

$\Phi \equiv H.$

[43] $\Pi \equiv xz = \lambda p y.$

[44] $\Omega_1 \equiv \lambda(x^2 + y^2)z = y(z^2 - \lambda^2 p^2).$

[45] $\Omega_2 \equiv \lambda^2 p(x^2 + y^2) = x(z^2 - \lambda^2 p^2).$

[46] $\Omega_3 \equiv \Omega_1.$

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Fusspunktskurven einer Parabel als Orthogonalprojektionen der kubischen Ellipsen.

Mit 5 Figuren.

In dieser Abhandlung wurde zuerst eine Konstruktion der Fusspunktskurven k'_3 einer Parabel vorgeführt, und nachher wurden die Punkte und Linien, die bei dieser Kurvenkonstruktion vorkammen, als Orthogonalprojektionen von Raumgebilden betrachtet und Beweis geführt, dass die Kurven k'_3 die Orthogonalprojektionen der kubischen Ellipsen k_3 sind, welche sich auf einem Rotationshyperboloide befinden. Ausserdem wurden noch einige Flächen 2. und 3. Ordnung, die dieses Hyperboloid in den Raumkurven k_3 durchdringen, hervorgehoben. Endlich wurden mit Hilfe der räumlichen Relationen die Tangentenkonstruktionen der kubischen Ellipsen k_3, sowie ihrer Orthogonalprojektionen k'_3, k''_3, k'''_3 auf den Koordinatenebenen vorgeführt.

Izjednačenje triangulacije po pravcima i kutevima.

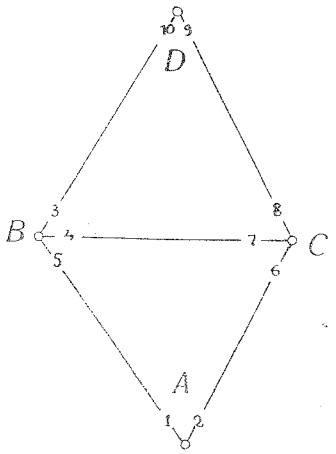
Nikolaj Abakumov.

Pri merenju horizontalnih kuteva kod triangulacije sadašnim instrumentima u stvari ne opažamo kuteve, nego pravce na pojedine točke, a zatim određujemo kuteve kao razlike između odgovarajućih pravaca.

Izgledalo bi prirodno pri izjednačenju triangulacije tražiti popravke pravaca, kao nezavisnih jedna od druge veličina, dobivenih neposrednim merenjem. Sa druge strane za sračunavanje koordinata pojedinih točaka ili dužina geodetskih linija potrebno je upotrebiti gotovo sve kuteve, koji se nalaze u triangulaciji. Prema tome nastaje pitanje, da li je korisnije izjednačati pravce ili kuteve.

Na postavljeno pitanje a priori moguće je odgovoriti, da je, ako ne uzmemo u obzir količinu rada, najkorisnije izjednačati kuteve, pošto, izjednačivši po metodi najmanih kvadrata pravce, dobijamo popravke ovih pravaca, čija će suma kvadrata biti minimum. Međutim, ako iz takovih pravaca obrazujemo sve kuteve, koji se nalaze u triangulaciji, to već suma kvadrata popravaka ovih kuteva ne će biti minimum. Kako bi smo dobili minimum potrebno je izjednačiti kuteve i to ne samo neobhodne za sračunavanje triangulacije, nego sve, koji ulaze u triangulaciju.

Razjasnićemo ovo numeričkim primerima. Uzmemo za sada samo dva trokuta ABC i BCD (sl. 1) i dopustimo da su u ovim trokutevima izmjereni sa jednakom težinom svih 10 pravaca. Ako sada obrazujemo sumu kuteva u oba trokuta, dobićemo dve jednadžbe



Slika 1.

$$(2-1)+(5-4)+(7-6)=180+\varepsilon,+4'',8$$
$$(4-3)+(8-7)-(10-9)=180+\varepsilon_2-2,4$$

gdje (2—1); (5—4) ..... su kutevi sastavljeni odgovarajućim pravcima; ε_1 i ε_2 sferni ekscesi, a $+4.''8$ i $-2.''4$ nesuglasice.

Da izjednačimo ovu triangulaciju, moramo rešiti dve uslovne jednadžbe

$$-(1)+(2) \qquad -(4)+(5)-(6)+(7) \qquad +4{,}8=0$$
$$-(3)+(4) \qquad -(7)+(8)-(9)+(10)-2{,}4=0$$

gdje su (1), (2), (3)..... povoljne popravke odgovarajućih pravaca.

Ove uslovne jednadžbe rešićemo po metodi najmanih kvadrata, t. j. postavićemo uslov da suma kvadrata popravaka bude minimum

$$(1)^2+(2)^2+(3)^2+\cdots\cdots=\text{minimum.}$$

Odavde dobijamo normalne jednadžbe za određenje Korelata

$$6K_1-2K_2+4{,}8=0$$
$$-2K_1+6K_2-2{,}4=0$$

Rešivši ove, dobićemo vrednosti za Korelate:

$$K_1=-0{,}75$$
$$K_2=+0{,}15$$

Sa ovim korelatama odredićemo popravke pomoću formula

$(1)=-K_1$	$=+0''.75$	0.5625
$(2)=+K_1$	$=-0.75$	0.5625
$(3)=-K_2$	$=-0.15$	0.0225
$(4)=-K_1+K_2$	$=+0.90$	0.8100
$(5)=+K_1$	$=-0.75$	0.5625
$(6)=-K_1$	$=+0.75$	0.5625
$(7)=+K_1-K_2$	$=-0.90$	0.8100
$(8)=+K_2$	$=+0.15$	0.0225
$(9)=-K_2$	$=-0.15$	0.0225
$(10)=+K_2$	$=+0.15$	0.0225
	Suma kv. =	3.9600

pri čemu je suma kvadrata ovih popravaka 3,96 minimum.

Ako sastavimo popravke $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, i\, x_6$ za kuteve (2—1), (5—4), (7—6), (4—3), (8—7) i (10—9) to suma kvadrata ovih popravaka ne će više biti minimum

	x	x^2
$x_1=$ (2) — (1) =	— 1.50	2.2500
$x_2=$ (5) — (4) =	— 1.65	2.7225
$x_3=$ (7) — (6) =	— 1.65	2.7225
$x_4=$ (4) — (3) =	+ 1.05	1.1025
$x_5=$ (8) — (7) =	+ 1.05	1.1025
$x_6=$ (10) — (9) =	+ 0.30	0.0900
	Suma kv. =	9.9900

Da bismo dobili minimalnu sumu, moramo uzeti da su kutevi izmereni neposredno, i rešiti po metodi najmanih kvadrata ove dve uslovne jednadžbe:

$$x_1 + x_2 + x_3 + 4.8 = 0$$
$$x_4 + x_5 + x_6 - 2.4 = 0$$

otkud sledi, da je

$$3K_1 + 4.8 = 0 \qquad K_1 = -1.60$$
$$3K_2 - 2.4 = 0 \qquad K_2 = +0.80$$

Dakle popravci kuteva dobiće ove vrednosti:

	X	X^2
$x_1 = K_1 =$	— 1.60	2.5600
$x_2 = K_1 =$	— 1.60	2.5600
$x_3 = K_1 =$	— 1.60	2.5600
$x_4 = K_2 =$	+ 0.80	0.6400
$x_5 = K_2 =$	+ 0.80	0.6400
$x_6 = K_2 =$	+ 0.80	0.6400
	Suma kv. =	9.6000

Ako sada saberemo kvadrate ovih popravaka dobićemo $9{,}60 < 9{,}99$.

Pri ovom izjednačenju nismo uzeli u obzir dva kuta (5—3) i (8—6), čije popravke pri izjednačenju po pravcima biće ovakove

$$x_7 = (5) - (3) = -0.60$$
$$x_8 = (8) - (6) = -0.60$$

a pri izjednačenju po kutevima

$$x_1 = x_2 + x_3 = -0.80$$
$$x_8 = x_2 + x_5 = -0.80$$

Ako sada obrazujemo sumu kvadrata popravaka za svih osam kuteva, to ova suma i pri izjednačenju po pravcima i pri izjednačenju po kutevima ne će biti više minimum. Želimo li dobiti za ovu sumu minimum, neophodno moramo smatrati da su svi kutevi izmereni neposredno i rešiti po metodi najmanih kvadrata četiri uslovne jednadžbe, naime:

$$x_1 + x_2 + x_3 + 4.8 = 0$$
$$x_4 + x_5 + x_6 - 2.4 = 0$$
$$x_2 + x_4 - x_7 = 0$$
$$x_3 + x_5 - x_8 = 0$$

Nakon sastava i rešenja normalnih jednadžbi dobićemo za vrednosti korelata ovo:

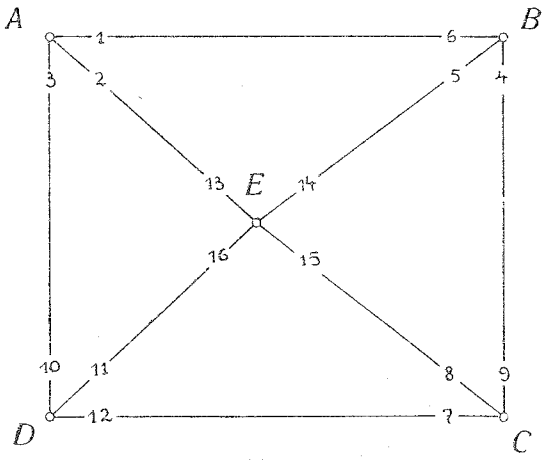
$$K_1 = -1.920$$
$$K_2 = +0.480$$
$$K_3 = +0.480$$
$$K_4 = +0.480$$

U donjoj tabeli prikazani su rezultati svih triju izjednačenja kao i konačne sume kvadrata popravaka.

	po prave.	*po* neobh. *k.*	*po* svima *k.*	x^2	x^2	x^2
x_1	— 1.50	— 1.60	— 1.92	2.2500	2.5600	3.6864
x_2	— 1.65	— 1.60	— 1.44	2.7225	2.5600	2.0736
x_3	— 1.65	— 1.60	— 1.44	2.7225	2.5600	2.0736
x_4	+ 1.05	+ 0.80	+ 0.96	1.1025	0.6400	0.9216
x_5	+ 1.05	+ 0.80	+ 0.96	1.1025	0.6400	0.9216
x_6	+ 0.30	+ 0.80	+ 0.48	0.0900	0.6400	0.2304
x_7	— 0.60	— 0.80	— 0.48	0.3600	0.6400	0.2304
x_8	— 0.60	— 0.80	0.48	0.3600	0.6400	0.2304
			Suma kv. =	10.7100	10.8800	10.3690

Kako smo morali očekivati, dobili smo za sumu kvadrata minimum kod zadnjeg izjednačenja.

Sada možemo preći na komplicovaniji primer, naime na centralni sistem ABCDE (sl. 2), u kojem su izmereni svih 16 pravaca sa jednakom težinom.



Slika 2.

Sastavom uslovnih jednadžbi dobili smo ove nesuglasice:

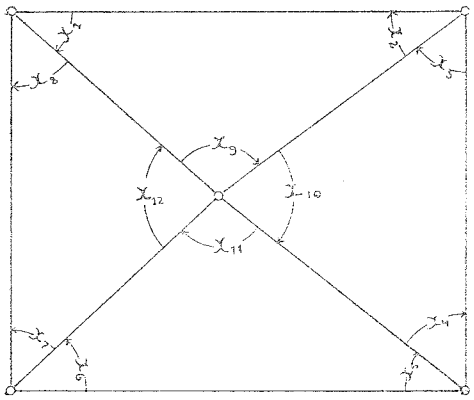
za $\triangle$ ABE + 2″.50
„ $\triangle$ BEC + 0.30
„ $\triangle$ DEC — 0.24
„ $\triangle$ ADE — 1.28

Radi jednostavnosti polusni uslov ne ćemo uzeti u obzir, nego ćemo ispitivati samo figurne uslove.

Pri izjednačenju po pravcima potrebno je rešiti četiri uslovne jednadžbe, naime

$$
\begin{aligned}
(2) - (1) + (6) - (5) + (14) - (13) + 2{,}50 &= 0\\
(5) - (4) + (9) - (8) + (15) - (14) + 0{,}30 &= 0\\
(8) - (7) + (12) - (11) + (16) - (15) - 0{,}24 &= 0\\
(11) - (10) + (3) - (2) + (13) - (16) - 1{,}28 &= 0
\end{aligned}
$$

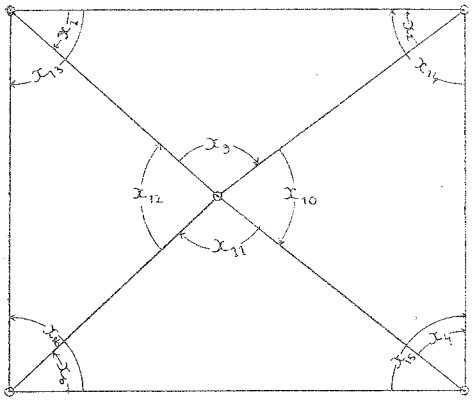
dok pri izjednačenju po neophodnim kutevima potrebno je rešiti pet uslovnih jednadžba, pri ćemu je izbor ovih uslovnih jednadžba proizvoljan, naprimer



Slika 3.

Za sl. 3.

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_9 + 2{,}50 &= 0\\
x_3 + x_4 + x_{10} + 0{,}30 &= 0\\
x_5 + x_6 + x_{11} - 0{,}24 &= 0\\
x_7 + x_8 + x_{12} - 1{,}28 &= 0\\
x_9 + x_{10} + x_{11} + X_{12} &= 0
\end{aligned}
$$



Slika 4.

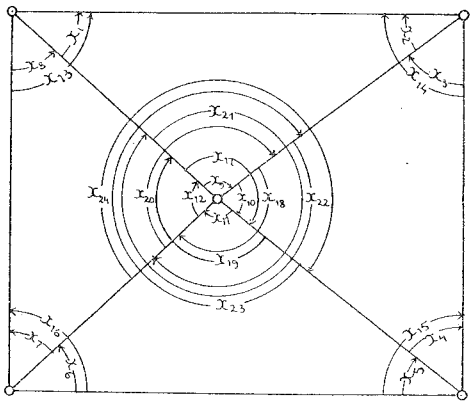
Za sl. 4.

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_9 + 2{,}50 &= 0\\
x_{14} - x_2 + x_4 + x_{10} + 0.30 &= 0\\
x_{15} - x_4 + x_6 + x_{11} - 0{,}24 &= 0\\
x_{16} - x_6 + x_{13} - x_1 + x_{12} - 1.28 &= 0\\
x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} &= 0
\end{aligned}
$$

i t. d.

Za svaku takovu grupu dobićemo različite popravke za jedan te isti kut.

Na kraju krajeva izjednačenjem po svim kutevima potrebno je rešiti 17 uslovnih jednadžba (ne računajući polusne) naime



Slika 5.

Sl. 5.

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_9 &+ 2{,}50 = 0\\
x_3 + x_4 + x_{10} &+ 0{,}30 = 0\\
x_5 + x_6 + x_{11} &- 0.24 = 0\\
x_7 + x_8 + x_{12} &- 1.28 = 0\\
x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} &= 0\\
x_1 + x_8 - x_{13} &= 0\\
x_2 + x_3 - x_{14} &= 0\\
x_4 + x_5 - x_{15} &= 0\\
x_6 + x_7 - x_{16} &= 0\\
x_9 + x_{10} - x_{17} &= 0\\
x_{10} + x_{11} - x_{18} &= 0\\
x_{11} + x_{12} - x_{19} &= 0\\
x_9 + x_{12} - x_{20} &= 0\\
x_{17} + x_{11} - x_{21} &= 0\\
x_{18} + x_{12} - x_{22} &= 0\\
x_{19} + x_9 - x_{23} &= 0\\
x_{20} + x_{10} - x_{24} &= 0
\end{aligned}
$$

Rešivši sve uslovne jednadžbe po metodi najmanih kvadrata dobićemo korelate za pravci (sl. 2)

$$K_1 = -0.469 \qquad K_3 = -0.012$$
$$K_2 = -0.211 \qquad K_4 = +0.053$$

i iz ovih popravke

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
+0.47	−0.52	+0.05	+0.21	+0.26	−0.47	+0.01	+0.20	−0.21	−0.05	+0.07	−0.01	+0.52	−0.26	−0.21	−0.07

Suma kvadr. = 1.30

za kutevi (sl. 3)

$$K_1 = -0.887 \qquad K_4 = +0.373$$
$$K_2 = -0.153 \qquad K_5 = +0.160$$
$$K_3 = +0.027$$

za kutevi (sl. 4)

$K_1 = -1.301$ $\quad K_4 = -0.182$
$K_2 = -0.622$ $\quad K_5 = +0.599$
$K_3 = -0.291$

za svi kutevi (sl. 5)

$K_1 = -1.668$ $\quad K_{10} = +0\,624$
$K_2 = -0.654$ $\quad K_{11} = -0\,471$
$K_3 = +0\,062$ $\quad K_{12} = -0.304$
$K_4 = +0.343$ $\quad K_{13} = +0.142$
$K_5 = +0.485$ $\quad K_{14} = +0.283$
$K_6 = +0.441$ $\quad K_{15} = -0\,379$
$K_7 = +0.774$ $\quad K_{16} = +0.038$
$K_8 = +0\,197$ $\quad K_{17} = +0\,052$
$K_9 = -0.135$

Sada možemo tabelarno prikazati rezultati izjednačenja za sva četiri metoda kao i sumu kvadrata popravaka

	pravci sl. 2	neobh. kut sl. 3	neobh. kut sl. 4	svi kut. sl. 5	x^2	x^2	x^2	x^2
x_1	— 0.99	— 0 89	— 1.12	— 1.23	0.9801	0.7921	1.2544	1.5129
x_2	— 0.73	— 0.89	— 0.68	— 0.89	0.5329	0.7921	0.4624	0.7921
x_3	+ 0 05	— 0.15	+ 0.06	+ 0.12	0.0025	0.0225	0.0036	0.0144
x_4	— 0.41	— 0.15	— 0.33	— 0.46	0.1681	0.0225	0.1089	0.2116
x_5	+ 0.19	+ 0.03	+ 0.04	+ 0.26	0.0361	0.0009	0.0016	0.0676
x_6	— 0.08	+ 0.03	— 0.11	— 0.07	0.0064	0.0009	0.0121	0.0049
x_7	+ 0.12	+ 0.37	— 0.07	+ 0 21	0.0144	0.1369	0.0049	0.0441
x_8	+ 0.57	+ 0.37	+ 0.94	+ 0.78	0.3249	0.1369	0.8836	0.6084
x_9	— 0.78	— 0.73	— 0 70	— 0.38	0.6084	0 5329	0.4900	0.1444
x_{10}	+ 0.06	+ 0.01	— 0.02	+ 0.04	0.0036	0.0001	0.0004	0.0016
x_{11}	+ 0.13	+ 0.19	+ 0.31	+ 0 06	0.0169	0.0361	0.0961	0.0036
x_{12}	+ 0.59	+ 0.53	+ 0.42	+ 0.29	0.3481	0.2809	0.1764	0.0841
x_{13}	— 0.42	— 0.52	— 0.18	— 0.44	0.1764	0.2704	0.0324	0.1936
x_{14}	— 0.68	— 1.04	— 0.62	— 0.77	0.4624	1.0816	0.3844	0.5929
x_{15}	— 0.22	— 0.12	— 0.29	— 0.20	0.0484	0.0144	0.0841	0.0400
x_{16}	+ 0 04	+ 0.40	— 0.18	+ 0.14	0.0016	0.1600	0.0324	0.0196
x_{17}	— 0.72	— 0.72	— 0.72	— 0 34	0.5184	0.5184	0.5184	0.1156
x_{18}	+ 0.19	+ 0.20	+ 0.29	+ 0.09	0.0361	0.0400	0.0841	0.0081
x_{19}	+ 0.72	+ 0.72	+ 0.73	+ 0.34	0.5184	0.5184	0.5329	0.1156
x_{20}	— 0.19	— 0.20	— 0.28	— 0.09	0 0361	0.0400	0.0784	0.0081
x_{21}	— 0.59	— 0.53	— 0 41	— 0.28	0.3481	0.2809	0.1681	0.0784
x_{22}	+ 0.78	+ 0.73	+ 0.71	+ 0.38	0.6084	0.5329	0.5041	0.1444
x_{23}	— 0.06	— 0.01	+ 0.03	— 0.04	0.0036	0.0001	0.0009	0.0019
x_{24}	— 0.13	— 0.19	— 0.30	— 0.05	0.0169	0.0361	0 0900	0.0025
				Suma kv. =	5.8172	6.2480	6.0046	4.8101

I u ovom primeru dobili smo isti rezultat, t. j. da je najkorisnije izjednačati sa svim kutevima, ali u ovom slučaju broj uslovnih jednadžbi raste vrlo brzo. Pri izjednačenju po pravcima imamo svega 5 uslovnih jednadžbi (uključivo sa polusnim uslovom), dok pri izjednačenju sa svima kutevima 18.

Izjednačenje po neobhodnim kutevima morat ćemo napustiti već iz toga razloga, što je kod ovoga izjednačenja potpuno proizvoljan izbor jedne ili druge variante kuteva.

Na koncu možemo izvediti zaključak, da je izjednačenje po pravcima najbolje obzirom na to, da imamo posla sa malim brojem uslova, a daje uvek jedno te isto rešenje.

Rešimo sada uslovne jednadžbe sastavljene po pravcima po metodi postepenih približavanja predloženoj po profesoru Beogradskog Universiteta Ivanu Sviščevu*. Po ovoj metodi bila izjednačena triangulacija prvog reda Srbije.

Suštinu ove metode najbolje ćemo prikazati u primeni na naš prvi primer.

Imamo dve uslovne jednadžbe

$$-(1)+(2)-(4)+(5)-(6)+(7)=-4.8$$
$$-(3)+(4)-(7)+(8)-(9)+(10)=+2.4$$

Svaku od ove jednadžbe možemo zadovoliti, ako podelimo slobodne članove kroz sumu koeficijenata nepoznatih popravaka ne zavisno od njihovih predznaka, t. j. u datom slučaju kroz 6, i smatramo

$$-(1)=(2)=-(4)=(5)=-(6)=(7)=-\frac{4.8}{6}=-0\,8$$

$$-(3)=(4)=-(7)=(8)=-(9)=(10)=+\frac{2.4}{6}=+0.4$$

Sada ćemo za zajedničke popravke uzeti aritmetsku sredinu. Na taj način dobićemo ovakove vrednosti popravaka:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
+0.8	−0.8	−0.4	+0.6	−0.8	+0.8	−0.6	+0.4	−0.4	+0.4

Uvrstivši ove popravke u naše uslovne jednadžbe, dobićemo nove nesuglasice $-4.''4$ i $+2.''8$, koje će biti unekoliko različite od stvarnih. Oduzevši zadnje od prvih (stvarnih), dobićemo neke razlike, koje ćemo smatrati kao nove nesuglasice. Sa ovima postupaćemo kao sa i zadanima, pa ćemo dobiti nove uslovne jednadžbe, naime

$$-(1)+(2)-(4)+(5)-(6)+(7)=-0.4$$
$$-(3)+(4)-(7)+(8)-(9)+(10)=-0.4$$

Sa ovim uslovnim jednadžbama možemo ponoviti sve gore navedeno, pa ćemo dobiti nove nesuglasice, koje će po apsolutnoj vrednosti biti sve manje i manje, dok ove nesuglasice ne budu takove veličine, koje možemo slobodno zanemariti.

* Prof. I. Sviščev: »Uravnivanije triangulacije sposobom približenij«. Tehničeskij Bjulletenj obščestva ruskih zemljemjerov v Korolevstvje Serbov, Horvatov i Slovencev. 1925. god. N. 12.

Uslovne jednadžbe možemo rešiti mnogo brže, ako eliminiramo slobodne članove, čim one postanu dosta maleni, uvođenjem korekcija u takove popravke, koje ulaze samo u jednu od uslovnih jednadžba. Naprimer u našem slučaju možemo eliminirati slobodne članove prve i druge uslovne jednadžbe, koji su jednaki — 0.4, uvođenjem sa odgovarajućim predznakom u popravke (1), (2), (3), (5), (6), (8), (9) i (10) po 0.1.

Sada će nam suma popravaka za sve pravce zadovoljiti naše uslovne jednadžbe, naime:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
+ 0.8	— 0.8	— 0.4	+ 0.6	— 0.8	+ 0.8	— 0.6	+ 0.4	— 0.4	+ 0.4
+ 0.1	— 0.1	+ 0.1		— 0.1	+ 0.1		— 0.1	+ 0.1	— 0.1
+ 0.9	— 0.9	— 0.3	+ 0 6	— 0.9	+ 0.9	— 0.6	+ 0.3	— 0.3	+ 0.3

Radi sravnenja dobivenih popravaka sa popravcima dobivenim po metodi najmanjih kvadrata potrebno je za svaku zasebnu stanicu sumu popravaka reducirati na nulu. Posle ovakovog reduciranja dobićemo definitivne popravke

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
+ 0.90	— 0.90	— 0.10	+ 0.80	— 0.70	+ 0.70	— 0.80	+ 0.10	— 0.30	+ 0.30

Suma kvadrata ovih popravaka biće jednaka 4.08, t. j. razumljivo biće veća od sume kvadrata 3.96 dobivene po metodi najmanjih kvadrata, ali ako obrazujemo iz ovih popravaka popravke za svih osam kuteva, t. j.

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
— 1.80	— 1.50	— 1.50	+ 0.90	+ 0.90	+ 0.60	— 0.60	— 0.60

i uzmemo sumu njihovih kvadrata, to ćemo dobiti broj 10,44 manji od sume kvadrata 10,71, dobivene pomoću popravaka za pravce izjednačene po metodi najmanjih kvadrata.

Rešimo sada metodom približavanja uslovne jednadžbe drugog primera.

Posle triju približavanja i eliminisanja zaostalih malenih slobodnih članova, dobićemo sledeće popravke pravaca:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
+ 0.42	— 0.32	+ 0.21	+ 0.05	+ 0.19	— 0.42	— 0.04	+ 0.04	— 0.05	— 0.21	+ 0 08	+ 0 04	+ 0.32	— 0.19	— 0.04	— 0.08
+ 0.12	— 0.06	+ 0.01	+ 0.08	+ 0.02	— 0.12	— 0 04	+ 0.06	— 0.08	— 0.01	— 0.01	+ 0 04	+ 0.06	— 0.02	— 0.06	+ 0.01
+ 0.04	— 0 02	— 0 01	+ 0.04	0	— 0 04	0	+ 0.02	— 0.04	+ 0.01	— 0.01	0	+ 0.02	0	— 0.02	+ 0.01
+ 0.06		— 0.03	+ 0.07		— 0 0	+ 0.02		— 0.07	+ 0 03		— 0 02				
+ 0.64	— 0.40	+ 0.18	+ 0.24	+ 0 21	— 0.64	— 0.06	+ 0.12	— 0.24	— 0 18	+ 0.06	+ 0.06	+ 0 40	— 0.21	— 0.12	— 0 06
+ 0 50	— 0.54	+ 0 04	+ 0 30	+ 0.28	— 0.58	0	+ 0.18	— 0.18	— 0 16	+ 0 08	+ 0 08	+ 0 40	— 0.22	— 0 12	— 0 06

Suma kvadrata ovih popravaka biće 1,38, t. j. veća od 1,30, dobivene po metodi najmanjih kvadrata, ali ako obrazujemo popravke za svih 24 kuteva, to suma ovih popravaka biće jednaka 5,26, t. j. veća od sume 4,81 dobivene pri izjednačenju po svim kutevima, ali manja od sume 5,82,

dobivene iz popravaka pravaca, izjednačenih po metodi najmanjih kvadrata.

Sastavimo sada razlike između popravaka za kuteve, dobivene pri izjednačenju po svim kutevima (označimo sa I) i dobivene iz popravaka pravaca izjednačena po metodi najmanjih kvadrata (označimo sa II) i po približnoj metodi (označimo sa III), a isto obrazujemo sumu kvadrata ovih razlika, dobićemo:

Primer prvi.

	I—II	(I—II)²	I—III	(I—III)²
x_1	— 0 42	0.1764	— 0.12	0.0144
x_2	+ 0.21	0.0441	+ 0.06	0.0036
x_3	+ 0 21	0 0441	+ 0.06	0.0036
x_4	— 0.09	0.0081	+ 0.06	0.0036
x_5	— 0.09	0.0081	+ 0.06	0.0036
x_6	+ 0.18	0.0324	— 0.12	0.0144
x_7	+ 0.12	0 0144	+ 0.12	0 0144
x_8	+ 0.12	0.0144	+ 0.12	0.0144
	Suma kv. =	0.3420	Suma kv. =	0.0720

Primer drugi.

	I — II	(I—II)²	I—III	(I—III)²
x_1	— 0 24	0.0576	— 0.19	0 0361
x_2	— 0.16	0.0256	— 0 03	0 0009
x_3	+ 0.07	0.0049	+ 0 14	0.0196
x_4	— 0.05	0.0025	— 0.10	0.0100
x_5	+ 0.07	0.0049	+ 0.08	0.0064
x_6	+ 0 01	0.0001	— 0.07	0 0049
x_7	+ 0.09	0.0081	— 0 03	0.0009
x_8	+ 0.21	0.0441	+ 0.20	0.0400
x_9	+ 0 4)	0.1600	+ 0.24	0.0576
x_{10}	— 0.02	0.0004	— 0 06	0.0036
x_{11}	— 0.07	0 0049	0	0.0000
x_{12}	— 0.30	0.0900	— 0.17	0.0289
x_{13}	— 0 02	0.0004	+ 0 02	0.0004
x_{14}	— 0.09	0.0081	+ 0.11	0 0121
x_{15}	+ 0 02	0.0004	— 0.02	0.0004
x_{16}	+ 0 10	0.0100	— 0.10	0.0100
x_{17}	+ 0.38	0.1444	+ 0.18	0.0324
x_{18}	— 0.10	0.0100	— 0.07	0.0049
x_{19}	— 0.38	0 1444	— 0.18	0.0324
x_{20}	+ 0.10	0.0100	+ 0.07	0.0049
x_{21}	+ 0 31	0.0961	+ 0.18	0.0324
x_{22}	— 0.40	0.1600	— 0.24	0.0576
x_{23}	+ 0.02	0 0004	+ 0.06	0.0036
x_{24}	+ 0 08	0.0064	+ 0.01	0 0001
	Suma kv. =	0 9937	Suma kv. =	0.3981

I u prvom i u drugom primeru približne popravke kuteva manje se razlikuju od popravaka kuteva dobivena izjednačenjem po svim kute-

vima, nego popravci kuteva dobivena iz popravaka pravaca, izjednačena po metodi najmanjih kvadrata.

Naravno iz ovih dvaju povoljnih primera nemoguće je izvesti neki definitivni zaključak, da će ovakov odnos između popravaka biti svaki put, ali ako ovo se dogodi i neki put obzirom na to, da metoda približavanja ima veliku prednost pri izjednačenju velikih triangulacija u smislu ekonomije rada i vremena, pošto pri ovoj metodi ne treba niti sastavljati, niti rešavati normalne jednadžbe, možemo doći do zaključka, da je najkorisnije velike triangulacije izjednačivati po pravcima pomoću metode postepenih približavanja.

RÉSUMÉ.

Compensation de la triangulation par les directions et par les angles.

En cas de compensation de la triangulation par directions, d'après la méthode des moindres carrés, on obtient les corrections de ces directions, dont la somme des carrés sera le minimum.

Cependant, si nous formons de ces directions tous les angles, qui font partie de la triangulation, la somme des carrés des corrections de ces angles ne sera pas le minimum. Pour obtenir le minimum il est indispensable de compenser les angles, non seulment les angles nécessaires pour le calcul de la triangulation, mais tous les angles, qui font partie de la triangulation.

Si l'on résoudra les équations conditionnelles, formées par les directions, d'après la méthode des approximations succesives, et si des corrections obtenues on formera les corrections de tous les angles de la triangulation, la somme des carrés des dernières corrections peut être parfois moindre que la somme des carrés des corrections de tous les angles, qui sont obtenus par les corrections des directions compensées par la méthode des moindres carrés.

En admettant cette circonstance, ainsi que la méthode des approximations dans la compensation des grandes triangulations a grand privilège pour d'économie du travail et du temps, car d'après cette méthode il n'est pas nécessaire de déterminer et de résoudre les équations normales — nous pouvons faire la conclusion que la méthode des approximations successives est la meilleure pour compenser les grandes triangulations d'après les directions.

Najpovoljnija raspodela težina kod pojedinačnog određivanja tačaka uvrštene trigonometričke mreže.

Stjepan Horvat.

U novije vreme, kada ekonomski momenat dolazi sve više i više do izražaja, počelo se u geodetskoj literaturi rešavati i pitanje t. zv. najpovoljnije raspodele težina pri merenju kuteva u triangulaciji. Radi se o tome, da se uz manji potrošak na vremenu dobije dobar rezultat ili uz isti gubitak vremena dobije bolji rezultat, nego se to postizava običajnim putem.

Konačni cilj triangulacije je dobiti na prostoru, koji treba izmeriti, izvestan broj tačaka određenih koordinatama. Kako merenje kuteva ne možemo izvršiti bespogrešno, to će dakako i rezultat, u ovom slučaju pravokutne koordinate tačaka, biti do stanovitog stupnja pogrešne. Racionalnom primenom različitih geodetskih metoda merenja i računanja moramo ići za tim, da dođemo do rezultata, kod kojega će uticaj grešaka merenja biti, čim je više moguće, manji. Da ovo postignemo potrebno je, da ispitamo zakone o uticaju i prirastu grešaka merenja na veličine, koje se računskim putem određuju iz merenih podataka.

Prelazeći na uvrštenu mrežu tačaka u već zadanu mrežu možemo naše pitanje preudesiti tako, da ispitujemo, kakvi su uticaji grešaka u merenju kuteva na koordinate novih tačaka. Svakako biće i takovih elemenata, čija će pogrešnost imati na određenje koordinata veći uticaj. Iz toga sledi, da ovakove podatke treba meriti sa većom tačnosti, nego npr. one, čiji je uticaj pogrešnosti manji. Veću tačnost možemo postići, bilo upotrebom tačnijih instrumenata, bilo da merenje jedne te iste veličine ponavljamo više puta. U daljem toku razlaganja uzećemo kao jedinicu težine merenje jednoga pravca u jednom potpunom girusu. Isto tako pretpostavićemo opažanja jednake tačnosti.

Predmet ispitivanja biće najjednostavniji slučaj uvrštene triangulacije t. j. uvrštavanje novih tačaka postepeno i pojedince. Ovaj je slučaj, jer je u praksi redovito upotrebljavan, najinteresantniji i najvažniji. U praksi se primenjuje raspodela uvrštene mreže u redove, pri čemu se raspodela osniva na prosečnoj dužini trokutnih stranica. Već prema ovoj prosečnoj dužini stranica, iz kojih se nova tačka određuje, vrši se opažanje kuteva raznom tačnosti, t. j. raznim brojem ponavljanja. Ovo je međutim samo do izvesnog stupnja pravilno. Svakako stoji, da, čim su vizure kraće, biće i uticaj pogrešnosti merenja manji, ali pri tome nije uzet u obzir sam presek, pod kojim se tačka određuje, a koji je u glavnom funkcija kuta u preseku i pojedinih dužina. Kako se ovde radi o višestru-

kom presecanju, mora se uzeti u obzir celokupni presek od svih vizura, koje služe za određenje nove tačke. Stoga, pre nego što budemo prešli na ispitivanje odnosa težina pojedinih vizura, moramo ispitati ovaj presek t. j. uticaj grešaka u merenju kuteva za položajnu sigurnost tačke.

1. Poziciona greška uvrštene tačke.

Računajući u triangulaciji jednu tačku iz više zadanih analitičkim presekom pravaca, dobijamo i neke vrednosti za srednje greške koordinata tačke, pa tome i za grešku same tačke. Ove su srednje greške koordinata, kako je poznato, funkcija srednje greške merenja kuteva i t. zv. težina koordinata Px i Py. Ostavljajući samu srednju grešku merenja kao relativnu vrednost, pozabavićemo se težinama koordinata. Ove nam težine predstavljaju povoljnost preseka zadatih vizura t. j. one su veće, čim je presek povoljniji, i obrnuto. Ova će povoljnost preseka svakako ovisiti od položaja tražene tačke prema zadanima i unutar lika zadanih tačaka mora postojati jedno mesto, u kojem će presek biti najpovoljniji. Odmah možemo utvrditi, što ćemo kasnije i dokazati, da ova povoljnost preseka nije ovisna od grešaka merenja, a isto tako niti od koordinatnog sistema. Drugim rečima, ona predstavlja neku apsolutnu vrednost za stanovitu tačku i vizure.

Zadatak ispitivanja biće, kako se jasno vidi iz dosada rečenog, odrediti, kakov položaj mora imati tražena tačka prema zadanima, da ovaj položaj omogućuje najpovoljniji presek. Radi lakšeg razlaganja uvešćemo novi pojam — poziciona greška tačke. Prema ovome ćemo preudesiti pitanje o povoljnosti preseka tako, da ustanovimo, u kojem će slučaju biti poziciona greška tačke minimum.

Za srednje greške koordinata računate tačke presecanjem postoji ova poznata formula:

$$m_x^2 = \frac{m^2}{P_x}, \qquad m_y^2 = \frac{m^2}{P_y}$$

Ovde m označuje srednju grešku merenih pravaca, a P_x i P_y težine koordinata.

Prema zakonima o prirastu grešaka biće srednja greška tražene tačke:

$$m_r^2 = m_x^2 = m_y^2 = m^2\left(\frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y}\right) = m^2\,\frac{P_x + P_y}{P_x P_y} \tag{1}$$

Izraz

$$\frac{P_x + P_y}{P_x P_y} = \frac{1}{P_r} \tag{2}$$

će predstavljati pozicionu grešku tačke.

Poziciona greška tačke određena presecanjem napred.

Prema poznatim odnosima za P_x i P_y biće kod presecanja napred:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{[aa] + [bb]}{[aa]\,[bb] - [ab]^2} \tag{3}$$

Ovde nam a i b predstavljaju kojeficijente smera. Obzirom na to, da je

$$a = -\frac{\sin\varphi}{s}\varrho' \quad \text{i} \quad b = \frac{\cos\varphi}{s}\varrho''$$

biće nam

$$[aa] + [bb] = \left[\frac{\varrho^2}{s^2}\right]$$

$$[aa]\,[bb] - [ab]^2 = (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 + (a_1 b_3 - a_3 b_1)^2 + \cdots + (a_2 b_3 - a_3 b_2)^2 + \cdots$$

ili

$$[aa]\,[bb] - [ab]^2 = \frac{\varrho^4}{s_1^2 s_2^2}\sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{\varrho^4}{s_1^2 s_3^2}\sin^2(\varphi_3 - \varphi_1) \cdots + \frac{\varrho^4}{s_2^2 s_3^2}\sin^2(\varphi_3 - \varphi_2)\,.$$

Uzmemo li samo tri vizure kao najjednostavniji slučaj višestrukog presecanja napred, dobićemo za pozicionu grešku uvrštene tačke sledeću vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{\left[\frac{1}{s^2}\right]}{\varrho^2\left[\frac{\sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)}{s_1^2 s_2^2} + \frac{\sin^2(\varphi_3 - \varphi_2)}{s_2^2 s_3^2} + \frac{\sin^2(\varphi_1 - \varphi_3)}{s_3^2 s_1^2}\right]} \tag{4}$$

ili

$$\frac{1}{P_r} = \frac{s_1^2 s_2^2 + s_2^2 s_3^2 + s_3^2 s_1^2}{\varrho^2\left[s_2^2\sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) + s_1^2\sin^2(\varphi_3 - \varphi_2) + s_2^2\sin^2(\varphi_1 - \varphi_3)\right]} \tag{5}$$

Kutevi $(\varphi_2 - \varphi_1)$, $(\varphi_3 - \varphi_2)\cdots$ su zapravo kutevi, pod kojima se pojedine vizure seku.

Formula (5), dokazuje raniju tvrdnju, da je poziciona greška neovisna od koordinatnog sistema i da je funkcija daljina poznatih od nepoznate tačke i kuteva, pod kojima se zadate vizure seku. Možemo odmah zaključiti, d će poziciona greška biti tim manja, čim će s_1, s_2 i s_3 biti manje. Bezuvetno će to biti slučaj, ako se tražena tačka nalazi unutar figure zadatih tačaka. Da poziciona greška bude čim manja, potrebno je, da sve kombinacije kuteva, koje zatvaraju pojedine vizure budu što bliže 90°. Isto tako možemo zaključiti, da će biti vizura, koje ne će umanjiti znatno pozicionu grešku tačke napr. takove, koje sa drugima zatvaraju kut, koji se malo razlikuje od 0° ili 180°. Prema tome, ako su od manje vrednosti, možemo ih iz računa ispustiti. Za ekonomiju koliko terenskog, toliko i računskog postupka, to je od velikog značaja, pa ćemo stoga pokušati, da pomoću jednog specijalnog slučaja dođemo do zaključaka općenitijeg karaktera.

Općenito razmatranje o uvrštenju jedne tačke u zadani istokračni trokut.

Neka su nam tačke P_1, P_2, P_3, koje zatvaraju istokračni trokut, zadane tačke. Nova tačka P neka se nalazi na simetrali kuta β.

Za stranice s_1, s_2 i s_3 postoje ove vrednosti.

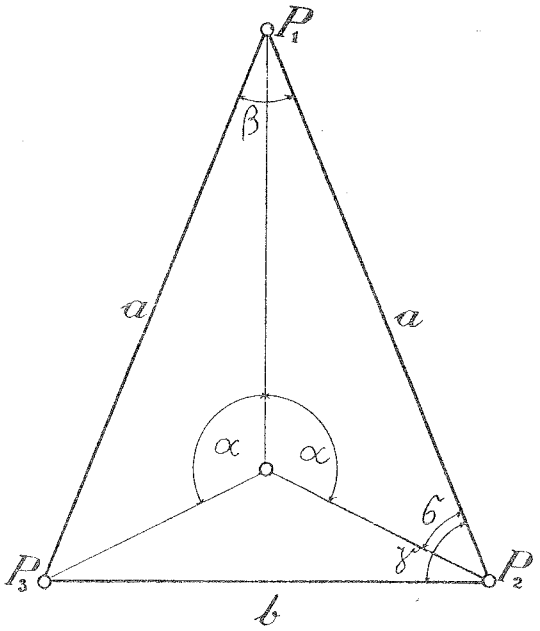
$$\left.\begin{aligned} s_2 = s_3 &= \frac{b}{2 \sin \alpha} \\ s_1 &= \frac{b \sin\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta\right)}{2 \sin \alpha \sin \frac{1}{2}\beta} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Kako je:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \alpha\,; \quad \varphi_1 - \varphi_3 = \alpha$$

i

$$\varphi_3 - \varphi_2 = 360 - 2\alpha$$



biće:

$$\sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_1 - \varphi_3) = \sin^2 \alpha$$
$$\sin^2(\varphi_3 - \varphi_2) = \sin^2 2\alpha = 4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha$$

Za pozicionu grešku tačke P dobićemo uvrštenjem odgovarajućih vrednosti u raniju formulu (5), da je

$$\frac{1}{P_r} = \frac{b^2}{8 \varrho^2 \sin^4 \alpha} \cdot \frac{\sin^2 \frac{1}{2}\beta + 2 \sin^2\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta\right)}{\sin^2 \frac{1}{2}\beta + 2 \sin^2\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta\right) \cos^2 \alpha} \qquad (2)$$

Tačka P mora se nalaziti na onom mestu simetrale, na kojem će poziciona greška tačke biti minimum. Jasno je da će ovaj minimum ovisiti o odnosu kuteva α i β. Naša će se zadaća prema tome sastojati u tome, da odredimo ovaj najpovoljniji odnos kuteva α i β.

Neka između kuteva α i β bude ovakov odnos:

$$\alpha = c + n\beta \tag{3}$$

gde će nam c i n predstavljati neke, za sada nepoznate, konstantne vrednosti.

Da odredimo nepoznate veličine c i n potrebno će biti odrediti najpovoljniji odnos između α i β barem za dva specijalna slučaja.

Radi lakšeg ispitivanja uzećemo dve krajne vrednosti za α.

1. $\alpha = 90^0$.

U tom slučaju preći će formula (2) u sledeći oblik:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{b^2}{8}\left(1 + 2\ \mathrm{ctg}^2\frac{1}{2}\beta\right) \tag{4}$$

Kako »cotangens« imade najmanju vrednost kod 90°, mora biti minimum iznosa pod (4) onda, ako je $\frac{1}{2}\beta = 90^0$ ili $\beta = 180^0$. Prema tome glasiće jednačina (3) ovako:

$$90^0 = c + n \cdot 180^0 \tag{5}$$

2. $\alpha = 135^0$.

Za ovu vrednost od α, preći će jednačina (2) u ovaj oblik:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{b^2}{4\varrho^2} \cdot \frac{1 + \left(\mathrm{ctg}\frac{1}{2}\beta - 1\right)^2}{2 + \left(\mathrm{ctg}\frac{1}{2}\beta - 1\right)^2} \tag{6}$$

Na prvi pogled izgledalo bi, da će uslov minimuma biti ispunjen, ako $\frac{1}{2}\beta = 45^0$, no praktički ovo rešenje ne može vrediti, jer mora biti:

$$\alpha + \frac{1}{2}\beta < 180^0$$

ili

$$\frac{1}{2}\beta < 45^0$$

Stoga ćemo odrediti prvi diferencijalni kvocijent formule (6) po β, koji mora biti jednak nuli, dakle:

$$\frac{1}{\left[2+\left(\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1\right)^2\right]^2}\left\{-2\left[2+\left(\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1\right)^2\right]\frac{\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1}{\sin^2\frac{1}{2}\beta}+\right.$$

$$\left.+2\left[1+\left(\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1\right)^2\right]\frac{\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1}{\sin^2\frac{1}{2}\beta}\right\}=0$$

ili

$$\frac{1}{\left[2+\left(\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1\right)^2\right]^2}\cdot\frac{\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\beta-1}{\sin^2\frac{1}{2}\beta}=0 \tag{7}$$

Da produkt jednačine (7) bude jednak 0 potrebno je, da bude jedan od njegovih faktora jednak nuli, dakle ili da $\frac{1}{2}\beta=45^0$ ili $\frac{1}{2}\beta=0$. Prvi smo slučaj već isključili, a u drugom nastaje neodređeni oblik. Da neodređenost oblika izbegnemo, mi ćemo transformirati jednačinu (7) u drugi oblik:

$$\sin\frac{1}{2}\beta\cdot\frac{\cos\frac{1}{2}\beta-\sin\frac{1}{2}\beta}{\left[1-2\sin\frac{1}{2}\beta\left(\cos\frac{1}{2}\beta-\frac{1}{2}\sin\frac{1}{2}\beta\right)\right]^2}=0 \tag{8}$$

po kojem može biti $\sin\frac{1}{2}\beta=0$ ili $\beta=0$.

Odavde dobijamo i drugu jednačinu za određenje konstanti c i n:

$$135^0=c+n\cdot 0^0 \tag{9}$$

Iz jednačina (5) i (9), dobijamo za odnos kuteva α i β sledeću vrednost:

$$\alpha=135^0-\frac{1}{4}\beta \tag{10}$$

Ovaj nam odnos predstavlja najpovoljniji smeštaj nove tačke na simetrali kuta β u istokračnom trokutu.

Kako u istokračnom trokutu između pojedinih kuteva postoji odnos:

$$\sigma=180^0-\left(\alpha+\frac{\beta}{2}\right)=45^0-\frac{1}{4}\beta$$

$$\gamma=90-\frac{1}{2}\beta$$

Uvrstimo li ove vrednosti u jednačinu (10), dobićemo za pozicionu grešku ovakovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{b^2}{8\,\varrho^2 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{1 + 2\sin^2\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta\right)}{\left[\sin\frac{1}{2}\beta - \sin\left(\alpha + \beta\right)\cos\alpha\right]^2} \tag{11}$$

Analogno kao i kod ranijeg slučaja tražićemo minimalnu vrednost pozicione greške za dve krajne vrednosti od α.

1. $\alpha = 90^0$

Jednačina (11) z ovu krajnu vrednost od α preći će u ovaj oblik:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{b^2}{8\,\varrho^2} \cdot \frac{1 + 2\cos\frac{1}{2}\beta}{\sin^2\frac{1}{2}\beta} \tag{12}$$

Bez daljeg vidimo, da će gornja jednačina dobiti svoju minimalnu vrednost, ako bude:

$$\frac{1}{2}\beta = 90^0 \qquad \text{ili} \qquad \beta = 180^2$$

2. $\alpha = 135^0$

Za ovu vrednost od α glasiće jednačina za pozicionu grešku ovako:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{4\,b^2}{\varrho^2} \cdot \frac{2 - \sin\beta}{(1 - \sin\beta)^2} \tag{13}$$

Kako prema ranijem kut β mora biti manji od 90^0, imaće izraz pod (13) minimalnu vrednost, ako bude

$$\beta = 0^0$$

Prema tome za odnos kuteva α i β dobićemo tačno istu jednačinu, kao i kod presecanja napred t. j.

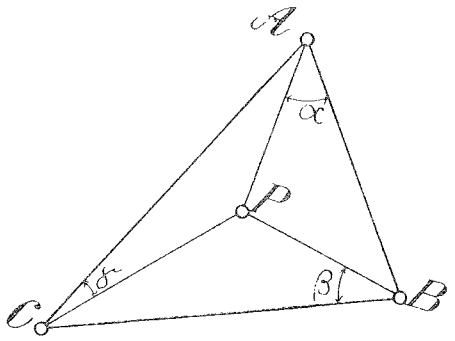
$$\alpha = 135^0 - \frac{1}{4}\varrho \tag{14}$$

Dakle i kod presecanja natrag najpovoljniji položaj nove tačke unutar istokračnog trokuta zadatih tačaka je centar upisanog kruga u trokutu.

Treba spomenuti, da se iz jednačine (10) dade zaključiti, da će pozicionа greška u slučaju, da se nova tačka nalazi izvan lika zadatih tačaka mnogo brže rasti, nego je to slučaj kod presecanja napred, a to radi toga što u nazivniku dobijamo jedan produkt negativan, pa će se stoga nazivnik znatno umanjiti i to tim više, čim je tačka više udaljena od lika zadatih tačaka.

Prelaz na raznostraničan trokut i poligon zadatih tačaka.

Bilo bi potrebno slučaj uvrštenja tačke u zadati trokut specijalnog oblika radi toga, što je direktno ispitivanje sa trokutem povoljnih dimenzija gotovo nemoguće. Prelazeći na ovakov trokut mi možemo postaviti uslove minimuma, a zatim ispitivati, da li će centar upisanog kruga u trokutu zadovoljiti ove uslove minimalne pozicione greške.



Mi naime možemo pozicionu grešku izraziti kao funkciju dimenzija zadatog trokuta (koje predstavljaju u ovom slučaju konstantne veličine) i kuteva α, β i γ.

Neka bude poziciona greška tačke P:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{F_1(\alpha, \beta, \gamma)}{F_2(\alpha, \beta, \gamma)}$$

Ove su F_1 *i* F_2 odredene funkcije kuteva α, β i γ. Kod presecanja napred one glase:

$$F_1(\alpha, \beta, \gamma) = \frac{s_{1\cdot 2}\ s_{2\cdot 3}\ s_{3\cdot 1}}{\sin(B+\alpha-\beta)\sin(A+\gamma-\alpha)\sin(C+\beta-\gamma)} \times$$
$$\left[s_{3\cdot 1}\sin(B-\beta)\sin\beta\,\frac{\sin\gamma\sin(A-\alpha)}{\sin(A+\gamma-\alpha)} + \right.$$
$$+ s_{2\cdot 3}\sin\alpha\sin(A-\alpha)\,\frac{\sin\beta\sin(C-\gamma)}{\sin(C+\beta-\gamma)} +$$
$$\left. + s_{3\cdot 1}\sin(C-\gamma)\sin\gamma\,\frac{\sin\alpha\sin(B-\beta)}{\sin(B+\alpha-\beta)} \right].$$

$$F_2(\alpha, \beta, \gamma) = \varrho^2 \left[\frac{s_{2\cdot 3}\, s_{3\cdot 1}\sin\beta\sin(A-\alpha)}{\sin(C+\beta-\gamma)\sin(A+\gamma-\alpha)} \sin^2(B+\alpha-\beta) + \right.$$
$$+ \frac{s_{1\cdot 2}\, s_{3\cdot 1}\sin(B-\beta)\sin\gamma}{\sin(B+\alpha-\beta)\sin(A+\gamma-\alpha)} \sin^2(C+\beta-\gamma) +$$
$$\left. + \frac{s_{1\cdot 2}\, s_{2\cdot 3}\sin\alpha\sin(C-\gamma)}{\sin(B+\alpha-\beta)\sin(C+\beta-\gamma)} \sin^2(A+\gamma-\alpha) \right].$$

Minimum pozicione greške traži, da se ispune sledeći uslovi:

$$\frac{1}{F_2^2}\left(\frac{\partial F_1}{\partial \alpha} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial \alpha} F_1\right) = 0$$

$$\frac{1}{F_2^2}\left(\frac{\partial F_1}{\partial \beta} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial \beta} F_1\right) = 0$$

$$\frac{1}{F_2^2}\left(\frac{\partial F_1}{\partial \gamma} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial \gamma} F_1\right) = 0$$

Rešenjem ovih triju jednačina mogli bismo odrediti najpovoljnije vrednosti kuteva α, β i γ, pa prema tome i idealni položaj tražene tačke. No ove tri jednačine imaju takov oblik, da ih gotovo nemoguće direktno rešiti po α, β i γ. Jednostavnije bi bilo, ispitati, da li zadovoljavaju vrednosti:

$$\alpha = \frac{A}{2}; \quad \beta = \frac{B}{2}; \quad \gamma = \frac{C}{2}.$$

Međutim na temelju čisto praktičkog ispitivanja pomoću numeričkih vrednosti može doći do potvrde, da onaj rezultat, koji je dobiven za istokračni trokut, možemo proširiti i na druge trokuteve posve povoljnijih dimenzija.

Prelazeći dalje na poligon zadatih tačaka, možemo u kratko navesti, da je kod pravilnih poligona centar upisanog kruga (ujedno centar i opisanog) tačka sa minimalnom pozicionom greškom. Za sve ostale poligone vrediće manje ili više pravilo, da je najpovoljniji položaj u onoj tački, koja leži u centru upisanog kruga najpovoljnijeg trokuta. Ovaj najpovoljniji trokut je trokut najmanjih dimenzija, koji je po svom obliku najbliži istostraničnom trokutu.

Međutim odmah ovde treba istaknuti, a to će biti kasnijim izvodima i dokazano, da je vrlo redak slučaj, da za određenje nove tačke treba uzeti više od tri vizure. U većini naime praktičnih slučajeva dade se primenom uvećanih težina za tri najpovoljnije vizure postići manja poziciona greška, nego za veći broj vizura, koje bi imale istu sumu težine kao i tri najpovoljnije.

Jasno je da će dosadanji zaključci o minimumu pozicione greške moći primeniti i za kombinovano presecanje, t. j. vanjske i nutarnje vizure. Pri tome valja istaknuti, da bi jedno formalno ispoređenje pozicione greške za vanjske i nutarnje vizure moglo dovesti do zaključka, da vanjske vizure daju manju pozicionu grešku. No to samo prividno izgleda, ako se ne uzme u obzir, da vanjske vizure usled toga, što u sebi sadržavaju i grešku orijentacije, imaju kod istog broja ponavljanja manju težinu.

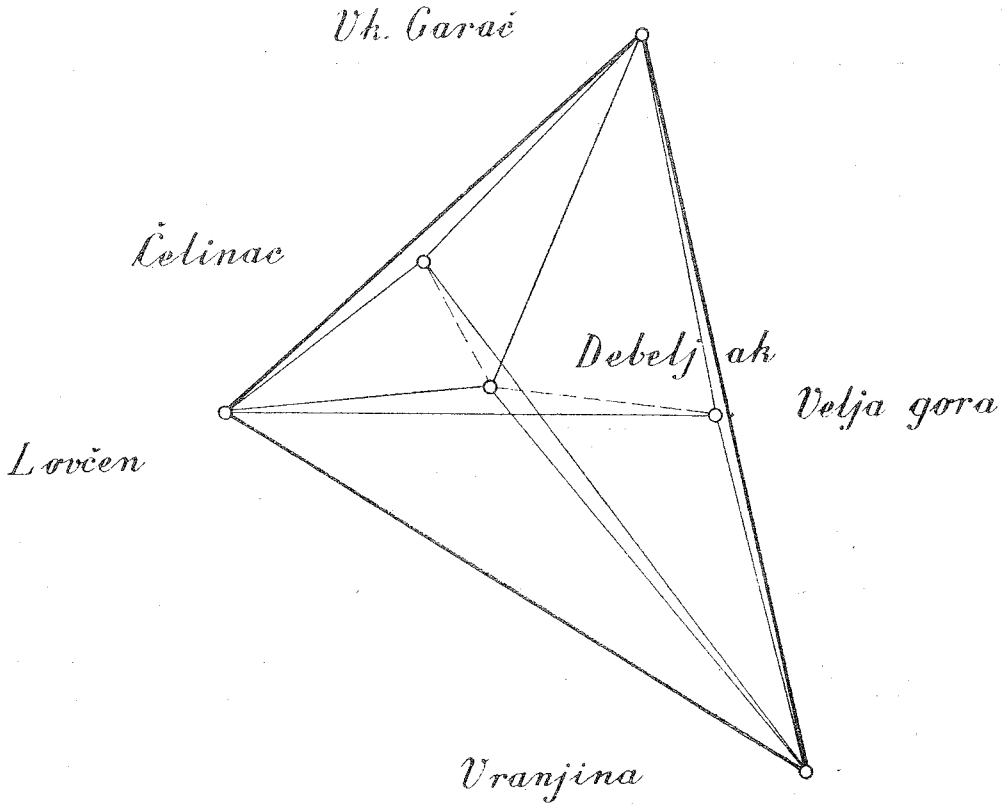
Dva karakteristična primera iz prakse.

Prvi primer: Plan računanja tačaka nižeg reda. Zadane su tačke Lovćen, Vk. Garač i Vranjina I. reda. Iz ovih tačaka treba presecanjem odrediti tačke II. reda: Debeljak, Čelinac i Velja gora.

Prema našim ranijim izvodima imaće najmanju pozicionu grešku tačka Debeljak, jer leži blizu najpovoljnije tačke zadatog trokuta. Dakle

kod sastava plana računanja treba prvo predviditi račun tačke Debeljak, a zatim treba računati tačku Čelinac iz vizura: Debeljak, Lovćen i Vk. Garač, a tačku Velja gora iz vizura: Debeljak, Vk. Garač i Vranjina.

Da je ovakovo rešenje obzirom na pozicionu grešku pojedinih tačaka najpovoljnije možemo uviditi i bez obzira na naše ranije izvode, ako odredimo pozicionu grešku tačaka Debeljak, Čelinac i Velja gora za svaku neovisno iz zadatog prvoklasnog trokuta, isporedimo ih međusobno, a zatim izračunamo pozicione greške tačke Čelinac i Velja gora iz kombinacije sa tačkom Debeljak, pa ih isporedimo sa rezultatima ranijeg računa.



Prvim računom pozicionih grešaka tačaka Debeljak, Čelinac i Velja gora iz trokuta Lovćen, Vk. Garač i Vranjina dobili smo:

Tačka	[aa]	[ab]	[bb]	Poziciona greška	
				$\frac{1}{P_r}$	Na 1″ srednje greške merenja
Debeljak	363	— 37	193	0.0081	± 0.09 m.
Čelinac	336	+ 277	327	0.0202	± 0.14 m.
Velja gora	95	+ 125	333	0.0268	± 0.16 m.

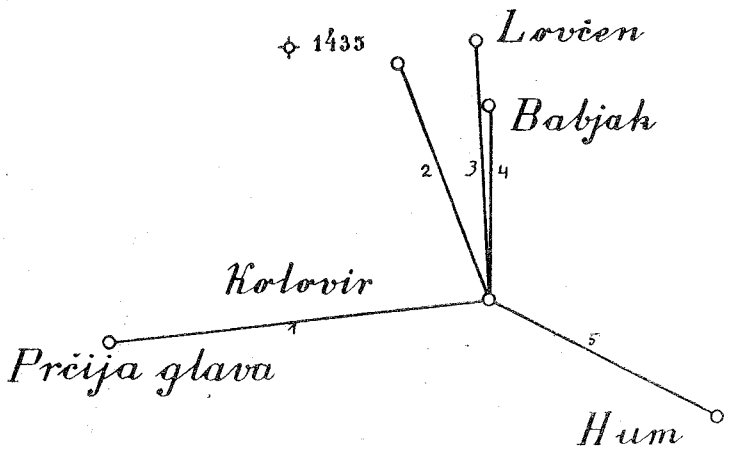
Drugim računom pozicionih grešaka Čelinac i Velja gora iz kombinacije sa tačkom Debeljak dobili smo ovaj rezultat:

Čelinac	575	+ 87	876	0.0034	± 0.06 m.
Velja gora	444	+ 89	313	0.0053	± 0.07 m.

Rezultatima računa ne treba nikakvog komentara.

Drugi primer: Vizure koje ne utiču na pozicionu sigurnost tačke.

Račun tačke: Kolovir.



Pogledom na sliku, a obzirom na ono, što smo dosada o pozicionoj greški tražene tačke rekli, možemo zaključiti, da će za račun tačke iz tri vizure dati najmanju pozicionu grešku kombinacija Prčija glava, Babjak i Hum. Isto tako možemo zaključiti, da uvađanje u račun izjednačenja vizura 2 i 3 ne će mnogo povećati pozicionu sigurnost tačke. Da vidimo, u koliko su naše pretpostavke opravdane!

Kombinacije za račun tačke Kolovir	[aa]	[ab]	[bb]	Poziciona greška	
				$\frac{1}{P_r}$	Za 1″ srednje greške merenja
1. Iz vizura 1, 4, 5	22.4	+ 7.3	37.4	0.078	± 0.28 dm.
2. „ „ 1, 2, 3, 4 i 5	25.8	+ 16.5	72.5	0.061	± 0.25 dm.

Uzev u obzir, da je račun koordinata tačke sa 5 vizura mnogo duži, možemo zaključiti, da je u ovom konkretnom slučaju poziciona tačnost iz svih pet vizura upravo za neznatan iznos veća, nego je to iz tri vizure

(3 mm na 1″ srednje greške merenja). Prema tome možemo zaključiti, da ovakovo povećanje računskog postupka ne bi nikako odgovaralo ekonomiji. Kako ćemo kasnije viditi, ove tri najpovoljnije vizure mogu uvećanjem težina dati mnogo bolji rezultat, nego bi to dale sa istom sumom težina sve vizure. Odavde izlazi, da tri dobro položene vizure predstavljaju mnogo povoljnije rešenje, nego veći broj vizura, koje doduše daju u računu velike kojeficijente, ali malene težine, odnosno relativno veliku pozicionu grešku tačke.

2. Najpovoljnija raspodela težina.

U daljem toku razlaganja smatraćemo pod težinom u glavnom broj ponavljanja, kojim je stanovita vizura opažana. Potrebno je odmah istaknuti, da će kod presecanja napred težina biti do izvesnog stupnja manja od broja ponavljanja i to radi toga, što vanjske vizure sadržavaju u sebi grešku orijentacije. Uzećemo, da je suma težina svih vizura, iz kojih se tražena tačka određuje neki određeni broj, koji će biti neovisan od broja upotrebljenih vizura.

Ovaj iznos sume težina neka bude određen tako, da nam poziciona greška svih tačaka naše triangulacije bude jednaka. Prema tome ne bi broj opažanja bio ovisan od reda triangulacije, odnosno od prosečne dužine stranica, nego bi ovisio od povoljnosti preseka za račun odabratih vizura. U koliko možemo predpostavljati, da će srednja greška jedinice težine biti u čitavom nizu opažanja konstantna veličina, uspećemo na taj način da nam sve tačke triangulacije budu određene sa istom tačnosti.

Iz ranijih razlaganja vidili smo, da ima vizura, koje obzirom na položaj i udaljenosti ne čine gotovo nikakov uticaj na položajnu sigurnost tačke. Mi smo ranije rekli, da ih bez velike štete za tačnost rada, a na veliku korist ekonomije, možemo zabaciti. Pri tim izvodima mi smo uzimali, da svaka vizura imade kao težinu jedinicu. No stvar će sasvim drugačije izgledati, ako uzmemo za određenje tačke jednu konstantnu sumu težina, neovisnu od broja vizura, i sada ispoređujemo pozicionu grešku iz najpovoljnijeg preseka od tri vizure i iz svih vizura. Vidićemo, da će se gotovo redovito naći takove tri vizure, koje će za pozicionu grešku dati manju vrednost, nego bilo koja druga kombinacija sa većim brojem vizura. Sve ovo vredi dakako uz predpostavku, da i u jednom i u drugom slučaju suma težina konstantna veličina.

Kao primer ispoređenja uzećemo naš raniji primer tačke: K o l o v i r. Tamo smo dobili za pozicionu grešku iz tri vizure (1, 4 i 5) $\frac{1}{P_r} = 0.078$. Uzevši da je suma težina za ove tri vizure $[p] = 5$, kako je to kod druge kombinacije od 5 vizura, i to tako, da svaka vizura ima istu težinu $p = \frac{5}{3} = 1.67$, biće nova vrednost pozicione greške iz gornje tri vizure:

$$\frac{1}{P_r} = 0.047$$

dok kombinacija sa 5 vizura sa istom sumom težina $[p] = 5$ daje za pozicionu grešku:

$$\frac{1}{P_r} = 0.061$$

Time smo pokazali, da se naši raniji izvodi o najpovoljnijem preseku dadu iskoristiti mnogo više, nego to na prvi čas izgleda.

Sada bismo mogli preći na samo određivanje najpovoljnijeg odnosa težina. Pri tom ćemo promatrati posebno presecanje napred, a zatim presecanje natrag. Naročito treba istaknuti, da kod presecanja napred uvađamo u račun koordinata već orijentirane smerne kuteve. Stoga kod orijentiranih smerova moramo uzeti u obzir i greške orijentacije, usled čega će vanjske vizure u ispoređenju sa nutarnjima imati težinu za manji ili veći iznos manju. Ta okolnost čini, da promatrano sa stajališta ekonomije presecanje natrag imade prednosti pred presecanjem napred u slučaju, kada se radi o pojedinačnom određenju malog broja novih tačaka. Dakako u većoj mreži to znatno otpada, pošto se radi uvek o većem broju vizura, koje treba orijentirati, pa je prosečni gubitak u merenju orijentacionih vizura neznatan, i to tim neznatniji, čim će biti veći broj novih tačaka, koje će služiti za određenje daljih novih tačaka.

U koliko opažanja nisu izvedena sa istom tačnosti, za pozicionu grešku imaćemo ovakovu formulu:

Za vanjske vizure:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{[p\,aa] + [p\,bb]}{[p\,aa]\,[p\,bb] - [p\,a\,b]^2}$$

Za nutarnje vizure:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{[p\,aa\cdot 1] + [p\,bb\cdot 1]}{[p\,aa\cdot 1]\,[p\,bb\cdot 1] - [p\,a\,b\cdot 1]^2}$$

Ovde nam označava:

$$\left.\begin{aligned} [p\,aa\cdot 1] &= [p\,aa] - \frac{[p\,a]^2}{[p]} \\ [p\,bb\cdot 1] &= [p\,bb] - \frac{[p\,b]^2}{[p]} \\ [p\,a\,b\cdot 1] &= [p\,a\,b] - \frac{[p\,a]\,[p\,b]}{[p]} \end{aligned}\right\}$$

Ovakovi reducirani kojeficijenti dolaze, kako je poznato, usled toga, što ih daljeg računa treba elimisati orijentacionu konstantu, odnosno njezin popravak.

Pod najpovoljnijom raspodelom težina mi ćemo smatrati takovu raspodelu težina na pojedine vizure, koja će ispuniti uslov, da pozicionа greška bude minimalna moguća vrednost. Pri tome uzećemo, da je $[p]$ t. j. suma težina svih vizura konstantna vrednost. Prema tome od čitavog broja vizura, uzetih za određenje tačke, imaće jedna vizura ovisnu težinu od težina drugih vizura. Prema tome sve će preostale težine predstavljati neovisne veličine. Određujući ovakovu najpovoljniju raspodelu težina mi ćemo dobiti izvestan broj $(n-1)$ kvadratnih jednačina, čije će rešenje dati numeričke vrednosti za pojedine težine. Praktički mogu u obzir doći samo onakovi koreni jednačina, koji će dati za sve težine pozitivne brojeve. Dakako postoji mogućnost, da rešenje jednačina dade za težine bilo negativne, bilo kompleksne vrednosti. To će značiti, da odabrane vizure

ne dozvoljavaju najpovoljniju raspodelu težina, nego da će manji broj vizura, najpovoljnije položenih, dati uz pretpostavku konstantne sume težina manju pozicionu grešku.

Sada možemo preći na samo određenje najpovljnije raspodele težina, pri čemu ćemo postupati tako, da ispitujemo pojedine slučajeve presecanja napred i natrag, a zatim kombinovanog slučaja. No pre ovoga, a radi pravilnog ispoređenja vanjskih i nutarnjih vizura, moramo odrediti težinu vanjskih vizura.

Težina orijentiranog smera.

Neka je orijentacija određena iz više vizura opažanih nejednakom tačnosti. Srednja greška orijentacije, kako je poznato, biće:

$$m_o^2 = \frac{m^2}{[p]} \tag{1}$$

Ovde je m srednja greška jedinice težine t. j. jednog opažanja, a $[p]$ suma težina (broja opažanja) onih vizura, iz kojih je orijentacija određena.

Srednja greška opažanog pravca u n girusa biće:

$$m_p^2 = \frac{m^2}{n} \tag{2}$$

gde m uz pretpostavku opažanja iste tačnosti imade vrednost kao gore, a n je broj girusa, u kom je dotični pravac opažan.

Iz toga ćemo lako odrediti prema zakonima o prirastu grešaka, da je srednja greška orijentiranog smera:

$$M^2 = m_p^2 + m_o^2 = m^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{[p]} \right)$$

ili

$$M^2 = m^2 \cdot \frac{[p] + n}{n\,[p]} \tag{3}$$

Prema tome težina orijentiranog smera imaće ovu vrednost:

$$P = n \cdot \frac{[p]}{[p] + n} \tag{4}$$

Iz ovoga možemo zaključiti, da težina orijentiranog smera raste sa brojem ponavljanja koliko same vizure, toliko i orijentacionih vizura. Tako napr. vizura opažana u 8 girusa sa 3 orijentacione vizure u 8 girusa imaće težinu 6 ili opažana u 12 girusa sa jednom orijentacionom vizurom u 12 girusa imaće težinu opet 6. Da se ova težina postigne, bilo je potrebno u prvom slučaju izvršiti 32, a u drugom 24 pojedinačnih opažanja. Iz toga sledi, da će, kada se radi o manjem broju novih vizura, koje se opažaju na poznatom stajalištu, biti znatan gubitak u vremenu kod opažanja vanjskih vizura, što nikako nije slučaj kod nutarnjih, gde je težina pojedine vizure jednaka samom broju opažanja. Stoga kod malih triangulacija, gde se radi o određivanju malog broja novih tačaka, predstavlja pretežna upotreba nutarnjih vizura znatnu ekonomiju. Jasno je, da to ne mora biti uvek meritorno, jer će iste vizure za jednu novu tačku davati presecanjem napred mnogo povoljniji presek, nego je to slučaj kod presecanja natrag. Na ovu stvar ćemo se povratiti u jednom konkretnom slučaju kasnije.

Slučaj običnog presecanja napred iz dve vizure.

Neka nam p_1 i p_2 predstavljaju nepoznate težine orijentiranih smerova iz poznatih tačaka P_1 i P_2. Uzećemo, da je

$$[p] = p_1 + p_2 = 2 \tag{1}$$

Ako označimo:

$$p_2 = x \quad \text{biće nam} \quad p_1 = 2 - x \tag{2}$$

Radi se sada o tome, da za x, kao neovisnu nepoznanicu, odaberemo takovu vrednost, koja će dati minimalnu pozicionu grešku.

Prema tome ćemo pozicionu grešku tačke, određene iz zadate dve vizure, morati izraziti kao funkciju težine x. To ćemo učiniti na sledeći način:

Uvrstićemo u ranijim jednačinama za pozicionu grešku vrednosti za težine, izražene jednačinom (2), dakle:

$$\left.\begin{aligned} [p\,aa] &= p_1 a_1^2 + p_2 a_2^2 = 2 a_1^2 - a_1^2 x + a_2^2 x = 2 a_1^2 - x (a_1^2 - a_2^2) \\ [p\,bb] &= p_1 b_1^2 + p_2 b_2^2 = 2 b_1^2 - x (b_1^2 - b_2^2) \\ [p\,a\,b] &= p_1 a_1 b_1 + p_2 a_2 b_2 = 2 a_1 b_1 - x (a_1 b_1 - a_2 b_2) \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Prema tome biće:

$$\left.\begin{aligned} [p\,aa] + [p\,bb] &= 2 (a_1^2 + b_1^2) - x [(a_1^2 + b_1^2) - (a_2^2 + b_2^2)] \\ [p\,aa]\,[p\,bb] - [p\,a\,b]^2 &= 2 (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 x - (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 x^2 \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Da pojednostavimo dalji rad, uvešćemo ove oznake:

$$\left.\begin{aligned} A_1 = a_1^2 + b_1^2 \qquad A_2 = a_2^2 + b_2^2 \\ B = (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

Sada će nam formula za pozicionu grešku glasiti:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{2 A_1 - (A_1 - A_2) x}{B (2 x - x^2)} \tag{6}$$

Da poziciona greška bude minimum, mora biti njezina prva derivacija po x jednaka nuli. Odavde sledi, da mora biti:

$$-(A_1 - A_2)(2 x - x^2) - (2 - 2 x)[2 A_1 - (A_1 - A_2) x] = 0 \tag{7}$$

Kod derivacije ispustili smo iz nazivnika faktor B kao konstantu, a ujedno smo čitavu jednačinu skratili sa $\frac{1}{B^2 (2 x - x^2)^2}$ radi toga, što je jasno, da ovaj izraz za $\frac{1}{P_r} =$ minimum ne može biti jednak nuli.

Transformacijom ćemo iz jednačine (7), dobiti ovakovu kvadratnu jednačinu:

$$x^2 - 4 \frac{A_1}{A_1 - A_2} x + 4 \frac{A_1}{A_1 - A_2} = 0 \tag{8}$$

Odavde dobijamo za nepoznanicu x ovakovu vrednost:

$$x = \frac{2}{A_1 - A_2}\left(A_1 \pm \sqrt{A_1 A_2}\right)$$

Kako prema ranijoj pretpostavci vrede samo oni koreni jednačina, koji daju za sve težine pozitivne vrednosti, moći će se uzeti samo jedna i to sledeća vrednost:

$$x = \frac{2}{A_1 - A_2}\left(A_1 - \sqrt{A_1 A_2}\right) \tag{9}$$

Obzirom na to, što je:

$$A_1 = \frac{1}{s_1^2},\quad A_2 = \frac{1}{s_2^2};\quad A_1 A_2 = \frac{1}{s_1^2 s_2^2}\quad \text{i}\quad (A_1 - A_2) = \frac{s_2^2 - s_1^2}{s_1^2 s_2^2}$$

biće:

$$x = \frac{2 s_1^2 s_2^2}{s_2^2 - s_1^2}\left(\frac{1}{s_1^2} - \frac{1}{s_1 s_2}\right) = \frac{2 s_1^2 s_2^2}{s_2^2 - s_1^2}\cdot\frac{s_2 - s_1}{s_1^2 s_2}$$

ili

$$x = \frac{2 s_2}{s_1 + s_2} \tag{10}$$

Obzirom na jednačinu (2) biće najpovoljniji odnos težina:

$$p_1 = \frac{2 s_1}{s_1 + s_2};\qquad p_2 = \frac{2 s_2}{s_1 + s_2} \tag{11}$$

Možemo dakle pisati ovakovo pravilo za najpovoljniji odnos težina: Težine orijentiranih smerova kod presecanja napred sa dve vizure odnose se kao daljine poznatih tačaka od nepoznate.

Sada ćemo isporediti pozicionu grešku iz jednakih težina sa vrednošću dobivenom iz najpovoljnije raspodele težina.

Za slučaj jednakih težina poziciona greška je:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{A_1 + A_2}{B}$$

ili

$$\frac{1}{P_r} = \frac{s_1^2 + s_2^2}{\varrho^2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)} \tag{12}$$

U drugom pak slučaju biće:

$$2 A_1 - (A_1 - A_2)\, x = \frac{2}{s_1 s_2}$$

$$B\,(2x - x^2) = \frac{4 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)}{\varrho^2 s_1 s_2 (s_1 + s_2)^2}$$

Prema tome imamo za pozicionu grešku ovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{(s_1 + s_2)^2}{2\,\varrho^2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)} \tag{13}$$

Diferencija jednačina (13) i (12) dati će iznos, za koji se poziciona greška umanjila. Dakle:

$$\frac{1}{2\,\varrho^2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)} \left[2\,s_1^2 + 2\,s_2^2 - (s_1 + s_2)^2 \right] = \frac{(s_1 - s_2)^2}{2\,\varrho^2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)} \tag{14}$$

Jednačina (14) nam govori, da će se poziciona greška umanjiti najpovoljnijim izborom težina tim više, čim je veća razlika dužina poznatih od nepoznate tačke. Ujedno možemo ustanoviti, a to je za nas najvažnije, da se poziciona greška najpovoljnijim izborom težina umanjuje obzirom na samu svoju veličinu za relativno tako malen iznos, da gotovo nema praktičnog značenja. Da je tako možemo viditi na jednom numeričkom primeru, kod kojega smo naročito uzeli znatnu diferenciju $s_2 - s_1$.

Neka je $(\varphi_2 - \varphi_1) = 90^0$; $s_1 = 2$ km; $s_2 = 4$ km.

Poziciona greška za slučaj, da je $p_1 = p_2 = 1$, biće:

$\frac{1}{P_r} = 4.7009$ ili $\pm$ 2.168 cm na 1″ srednje greške merenja.

Najpovljnijim izborom težina umanjiće se poziciona greška za 0.9402 ili minimalna moguća vrednost pozicione greške biće $\pm$ 1.939 cm na 1″ srednje greške jedinice težine t. j. za nešto preko 0.2 cm. Dakako da ovo umanjenje nema velikog praktičkog značaja.

Da dobijemo pravilniju sliku ispitaćemo, koliki će biti ekonomski efekt.

Za ovo ispitivanje uzećemo, da je srednja greška opažanja u jednom girusu $\pm$ 2.″5 i da želimo, da nam poziciona greška tačke ne bude veća od $\pm$ 1 cm. Da ovakovu tačnost postignemo, moramo izvršiti u slučaju jednakih težina opažanja u svemu sa sumom težina 29.38, dok bi kod najpovoljnijeg odnosa bilo $p_1 = 7.83$ i $p_2 = 15.67$.

Pretpostavimo li, da se za orijentaciju upotrebi jedna orijentaciona vizura, trebaće u prvom slučaju izvršiti opažanja na dve vizure po 30 girusa na svakom stajalištu, dakle u svemu 120 pojedinačnih opažanja. U drugom slučaju treba na tački P_1 izvršiti opažanja na dve vizure u 16, a na tački P_2 u 32 girusa. U svemu pojedinačnih opažanja 96 ili manje od prvog slučaja 12 girusa po dve vizure. U slučaju da se zadovoljimo sa pozicionom greškom od $\pm$ 2 cm, bila bi prištednja 3 girusa po dve vizure.

Prema tome možemo zaključiti, da najpovoljnijim izborom težina možemo u opservaciji postići svakako neku ekonomiju, koja će prema okolnostima biti sad veća sad manja. U našem specijalnom slučaju imamo prištednju 20% od inače potrebnog vrmena opservacije.

Presecanje napred sa tri vizure.

Slično kao kod ranijeg slučaja uzećemo, da je:

$$[p] = p_1 + p_2 + p_3 = 3 \tag{1}$$

Opet ćemo uzeti, da je p_1 ovisna nepoznanica, pa ćemo označiti:

$$p_2 = x, \quad p_3 = y \qquad p_1 = 3 - (x + y) \tag{2}$$

Sada ćemo dobiti, da je:

$$\left.\begin{aligned} [p\,aa] &= 3\,a_1^2 - (a_1^2 - a_2^2)\,x - (a_1^2 - a_3^2)\,y \\ [p\,bb] &= 3\,b_1^2 - (b_1^2 - b_2^2)\,x - (b_1^2 - b_3^2)\,y \\ [p\,ab] &= 3\,a_1\,b_1 - (a_1\,b_1 - a_2\,b_2)\,x - (a_1\,b_1 - a_3\,b_3)\,y \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Prema tome će biti:

$$[p\,aa] + [p\,bb] = 3\,(a_1^2 + b_1^2) - [(a_1^2 + b_1^2) - (a_2^2 + b_2^2)]\,x - [(a_1^2 + b_1^2) - (a_3^2 + b_3^2)]\,y = F_1(x, y)$$

i

$$[p\,aa]\,[p\,bb] - [p\,ab]^2 = 3\,(a_1\,b_2 - a_2\,b_1)^2\,x + 3\,(a_1\,b_3 - a_3\,b_1)^2\,y - (a_1\,b_2 - a_2\,b_1)^2\,x^2 - [(a_1\,b_2 - a_2\,b_1)^2 + (a_1\,b_3 - a_3\,b_1)^2 - (a_2\,b_3 - a_3\,b_2)^2]\,xy - (a_1\,b_3 - a_3\,b_1)^2\,y^2 = F_2(x, y)$$

Radi kraćeg izražavanja uvešćemo ove oznake:

$$\left.\begin{aligned} a_1^2 + b_1^2 &= A_1 \qquad (a_1\,b_2 - a_2\,b_1)^2 = B_1 \\ a_2^2 + b_2^2 &= A_2 \qquad (a_1\,b_3 - a_3\,b_1)^2 = B_2 \\ a_3^2 + b_3^2 &= A_3 \qquad (a_2\,b_3 - a_3\,b_2)^2 = B_3 \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Sada će nam biti poziciona greška tačke jednaka:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{3\,A_1 - (A_1 - A_2)\,x - (A_1 - A_3)\,y}{3\,B_1\,x + 3\,B_2\,y - B_1\,x^2 - (B_1 + B_2 - B_3)\,xy - B_2\,y^2} = \frac{F_1(x, y)}{F_2(x, y)} \qquad (5)$$

Najpovoljnija raspodela težina mora davati minimalnu moguću vrednost pozicione greške. Da taj uslov bude ispunjen, moraju parcijalne derivacije funkcije (5) po x i po y biti jednake nuli. Dakle mora biti:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial F_1}{\partial x} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial x} F_1 &= 0 \\ \frac{\partial F_1}{\partial y} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial y} F_1 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

U obe derivacije napustili smo faktor $\frac{1}{F_2^2}$ jer je jasno, da ovaj ne može biti jednak nuli. Jednačine pod (6) su kvadratne jednačine. Njihovim rešenjem dobićemo vrednost za x i y, a prema tome i takovu raspodelu težina, koja će dati minimum pozicione greške. Jasno je, da, kao ranije, i ovde dolaze u obzir samo one vrednosti za x i y, koje daju za svaku težinu pozitivnu vrednost. Kompleksne vrednosti ne mogu biti u slučaju tri vizure.

Radi lakšeg rešenja ovih kvadratnih jednačina mi ćemo diobom jednačina pod (6) dobiti jednu novu jednačinu, koja će biti linearnog oblika:

$$\frac{\partial F_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial y} = \frac{\partial F_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial x} \qquad (7)$$

Zatim diferencijom jednu kvadratnu jednačinu:

$$\left(\frac{\partial F_1}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y}\right) F_2 = \left(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_2}{\partial y}\right) F_1 \tag{8}$$

Jednačine (7) i (8) su po svome obliku najzgodnije za određivanje nepoznatih x i y.

Pojedini faktori ovde imaju sledeću vrednost:

$$F_1 = 3\,A_1 - (A_1 - A_2)\,x - (A_1 - A_3)\,y$$

$$F_2 = 3\,B_1\,x + 3\,B_2\,y - B_1\,x^2 - (B_1 + B_2 - B_3)\,xy - B_2\,y^2$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial x} = -(A_1 - A_2)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial y} = -(A_1 - A_3)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial x} = 3\,B_1 - 2\,B_1\,x - (B_1 + B_2 - B^3)\,y$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial y} = 3\,B_2 - (B_1 + B_2 - B_3)\,x - 2\,B_2\,y$$

Naše jednačine (7) i (8) preći se prema tome u ovakov oblik:

$$3\,[B_2\,(A_1 - A_2) - B_1\,(A_1 - A_3)] - [(A_1 - A_2)\,(B_1 + B_2 - B_3) - 2\,(A_1 - A_3)\,B_1]\,x - [2\,(A_1 - A_2)\,B_2 - (A_1 - A_3)\,(B_1 + B_2 - B_3)]\,y = 0 \tag{9}$$

$$9\,A_1\,(B_1 - B_2) - 3\,[A_1\,(B_1 - B_2 + B_3) + (A_1 - A_2)\,(B_1 - B_2) + (A_2 - A_3)\,B_1]\,x - 3\,[A_1\,(B_1 - B_2 - B_3) + (A_1 - A_3)\,(B_1 - B_2) + (A_2 - A_3)\,B_2]\,y + [(A_1 - A_2)\,(B_1 - B_2 + B_3) + (A_1 - A_3)\,B_1]\,x^2 + [(A_1 - A_2)\,(B_1 - B_2 - B_3) + (A_1 - A_3)\,(B_1 - B_2 + B_3) + (A_2 - A_3)\,(B_1 + B_2 - B_3)]\,xy + [(A_1 - A_3)\,(B_1 - B_2 - B_3) + (A_2 - A_3)\,B_2]\,y^2 = 0 \tag{10}$$

Kako je od ranije poznato ovde označava:

$$\left.\begin{aligned} A_1 = \frac{\varrho^2}{s_1}\,; \qquad A_2 = \frac{\varrho^2}{s_1^2}\,; \qquad A_3 = \frac{\varrho^2}{s_3^2}\,; \\ B_1 = A_1\,A_2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)\,; \quad B_2 = A_1\,A_3 \sin^2(\varphi_1 - \varphi_3)\,; \\ B_3 = A_2\,A_3 \sin^2(\varphi_3 - \varphi_2) \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

Rešenjem jednačina (9) i (10) dobićemo numeričke vrednosti za x i y, a prema tome i najpovoljnijeg odnosa težina:

$$p_1 = 3 - (x + y)\,; \qquad p_2 = x\,; \qquad p_3 = y\,; \tag{12}$$

Veličine s_1, s_2, s_3 i $(\varphi_2 - \varphi_1)$, $(\varphi_3 - \varphi_2)$, $(\varphi_1 - \varphi_3)$ možemo očitati plana triangulacije.

Numerički primer. Ispitivanje najpovoljnijeg odnosa težina za tačku: ♁ Sv. Duh. Primer je uzet iz triangulacije Geodetskog Instituta, koja služi za terenske vežbe slušača geodezije.

Za određenje ove tačke vizure: P_1 Grmoščica, P_2 Vila Smuđ, P_3 Jadran film. Sa plana triangulacije su pročitane vrednosti.

$s_1 = 1.78\,;$ $\quad s_2 = 1.81\,;$ $\quad s_3 = 3.25$ (u kilometrima kao jedinici)

$\varphi_2 - \varphi_1 = 119^0\,48'\,;$ $\quad \varphi_3 - \varphi_2 = 136^0\,36'\,;$ $\quad \varphi_1 - \varphi_3 = 103^0\,36'\,.$

Iz ovih vrednosti dobili smo, da nam je:

$$A_1 = 1.3430\,; \qquad A_2 = 1.2987\,; \qquad A_3 = 0.4028$$
$$B_1 = 1.3133\,; \qquad B_2 = 0.5110\,; \qquad B_3 = 0.2462$$

Gornje vrednosti odnose se na centimetar kao jedinicu pozicione greške.

Uz pretpostavku, da je $p_1 = p_2 = p_3 = 1$, biće poziciona greška:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{B_1 + B_2 + B_3} = \frac{3.0444}{2.0705} = 1.4704$$

ili $\pm$ 1.213 cm na 1″ sr. gr. jedinice težine.

Da odredimo najpovoljniji odnos težina, moramo sastaviti jednačine (9) i (10) za određenje neovisnih nepoznanica x i y. Ove će glasiti:

$$-3{,}6364 + 2.3996\,x + 1.4385\,y = 0$$

$$+ 9.6972 - 7.8608\,x - 5.8769\,y + 1.2230\,x^2 + 2.4243\,xy + 0.9806\,y^2 = 0$$

Iz prve jednačine dobićemo, da je:

$$y = + 2.5379 - 1.6681\,x$$

Ako ovu vrednost uvrstimo u drugu jednačinu dobićemo ovakovu kvadratnu jednačinu za određenje nepoznanice x.

$$- 0.0924\,x^2 - 0.1991\,x + 1.2313 = 0$$

ili

$$x^2 + 2.155 - 13.326 = 0$$

Odavde dobijamo, da je:

$$x = - 1.077 \pm 3.806 \qquad \text{(Uzimamo donji predznak!)}$$
$$x = - 4.883$$

Sada možemo izračunati najpovoljniji odnos težina:

$$p_1 = - 2.800 \qquad p_2 = - 4.883 \qquad p_3 = + 10.683$$

Dakle vidimo, da rešenje jednačina, daje za dve težine negativne vrednosti. To znači, da za tri vizure ne postoji minimum pozicione greške i to radi toga, što će minimum dati uz istu sumu težina kombinacija od dve vizure. Otpada ona vizura, koja ima po apsolutnoj vrednosti težinu najveću.

Da je tako možemo se uveriti, ako izračunamo pozicionu grešku iz vizura P_1 i P_2. Ova je:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{s_1^2 + s_2^2}{\varrho^2 \sin^2 (\varphi_2 - \varphi_1)} = 2.0119$$

Gornja vrednost je izračunata uz pretpostavku, da je $[p] = 2$. Dademo li ovim dvim vizurama istu sumu težina, koju imaju tri vizure t. j. $[p] = 3$, dobićemo ovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = 1.3413$$

Kako vidimo, naša je pretpostavka potvrđena.

Sada ćemo još ispitati, kakova će biti prištednja na vremenu.

Za ove dve vizure, pošto su obe dužine s_1 i s_2 skoro jednake biće razlika u težinama samo neznatna. Stoga možemo uzeti gornju vrednost pozicione greške kao minimum.

Ako uzmemo istu tačnost opservacije kao i kod ranijeg primera, biće potrebno za određenje tačke Sv. Duh sa 1 cm pozicione greške za tri vizure u svemu suma težina 27.57, dok ćemo sa dve vizure trebati svega 25.14. Prema tome iznašala bi formalna prištednja oko 6%, koja je u ovom konkretnom slučaju stvarno veća obzirom na to, što primenom druge kombinacije otpada opservacija na jednom stajalištu. Ako bi se na mesto opservacije na P_3 izvršila opservacija na samoj tački Sv. Duh, bila bi prištednja na vremenu gotovo dvostruka, kako ćemo to viditi, kada budemo govorili o kombinovanom presecanju.

Presecanje napred sa 4 vizure.

Ovde neka bude $[p] = 4$ i $p_2 = x$, $p_3 = y$, $p_4 = z$. Prema tome biće neovisna nepoznanica:

$$p_1 = 4 - (x + y + z) \tag{1}$$

Uvrštenjem ovih vrednosti u formulu za pozicionu grešku, dobićemo:

$$[p\,aa] = 4\,a_1^2 - (a_1^2 - a_2^2)\,x - (a_1^3 - a_3^2)\,y - (a_1^2 - a_4^2)\,z$$
$$[p\,bb] = 4\,b_1^2 - (b_1^2 - b_2^2)\,x - (b_1^2 - b_3^2)\,y - (b_1^2 - b_4^2)\,z$$
$$[p\,ab] = a_1\,b_1 - (a_1\,b_1 - a_2\,b_2)\,x - (a_1\,b_1 - a_3\,b_3)\,y - (a_1\,b_1 - a_4\,b_4)\,z$$

Prema tome analogno ranijem postupku dobićemo, da je

$$F_1(x, y, z) = [p\,aa] + [p\,bb] = 4\,A_1 - (A_1 - A_2)\,x - (A_1 - A_3)\,y - (A_1 - A_4)\,z \tag{2}$$

$$F_2(x, y, z) = [p\,aa] + [p\,bb] - [p\,ab]^2 = 4\,B_1\,x + 4\,B_2\,y + 4\,B_3\,z - B_1\,x^2 - (B_1 + B_2 - B_4)\,xy - B_2\,y^2 - (B_1 + B_3 - B_5)\,xz - (B_2 + B_3 - B_6)\,yz - B_3\,z^2 \tag{3}$$

Ovde predstavlja, kako je od ranije poznato:

$$A_1 = a_1^2 + b_1^2 = \frac{\varrho^2}{s_1^2}\,;\quad A_2 = a_2^2 + b_2^2 = \frac{\varrho^2}{s_2^2}\,;\quad A_3 = a_3^2 + b_3^2 = \frac{\varrho^2}{s_3^2}\,;$$
$$A_4 = a_4^2 + b_4^2 = \frac{\varrho^2}{s_4^2}$$

$$\left.\begin{aligned} B_1 &= (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 = A_1 A_2 \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \\ B_2 &= (a_1 b_3 - a_3 b_1)^2 = A_1 A_3 \sin^2(\varphi_3 - \varphi_1) \\ B_3 &= (a_1 b_4 - a_4 b_1)^2 = A_1 A_4 \sin^2(\varphi_4 - \varphi_1) \\ B_4 &= (a_2 b_3 - a_3 b_2)^2 = A_2 A_3 \sin^2(\varphi_3 - \varphi_2) \\ B_5 &= (a_2 b_4 - a_4 b_2)^2 = A_2 A_4 \sin^2(\varphi_4 - \varphi_2) \\ B_6 &= (a_3 b_4 - a_4 b_3)^2 = A_3 A_4 \sin^2(\varphi_4 - \varphi_3) \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Vrednosti s_1, s_2 . . . kao i kuteve $(\varphi_2 - \varphi_1)$, $(\varphi_3 - \varphi_2)$ · · · · možemo očitati sa plana triangulacije.

Sada ćemo za pozicionu grešku dobiti ovakovu jednačinu:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{F_1(x, y, z)}{F_2(x, y, z)} \quad (5)$$

Kako ranije, tako i ovde pod najpovoljnijom raspodelom težina smatraćemo takovu raspodelu, koja će dati minimalnu pozicionu grešku. Da se ovaj minimum postigne, moraju biti parcijalne derivacije izraza pod (5) po x, y i z jednake nuli.

Dakle moraće se ispuniti sledeći uslovi:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial F_1}{\partial x} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial x} F_1 &= 0 \\ \frac{\partial F_1}{\partial y} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial y} F_1 &= 0 \\ \frac{\partial F_1}{\partial z} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial z} F_1 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

U ovim jednačinama napušten je faktor $\frac{1}{F_2^2}$, jer ovaj ne može biti jednak nuli. Gornje tri jednačine predstavljaju kvadratne jednačine sa tri nepoznate. Radi lakšeg rešenja ovih jednačina, mi ćemo transformacijom odrediti dve jednačine linearnog oblika. Zapravo mi možemo odrediti tri ovakove jednačine, no, jer je jedna od prvih dviju ovisna, to za određenje nepoznatih veličina nema značaja. Međusobnom deobom jednačina pod (6) dobićemo sledeće linearne jednačine:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial F_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial y} &= \frac{\partial F_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial x} \\ \frac{\partial F_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial z} &= \frac{\partial F_1}{\partial z} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial y} \\ \frac{\partial F_1}{\partial z} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial x} &= \frac{\partial F_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial z} \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Od dobivenih triju jednačina, kako smo rekli, jedna je ovisna od drugih dviju, što je uostalom vidljivo iz samog oblika jednačina. Ove su jednačine linearne, pošto su derivacije od F_1 konstantne, a od F_2 linearne. Pojedine naime derivacije funkcija F_1 i F_2 glase:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial F_1}{\partial x} &= -(A_1 - A_2);\\
\frac{\partial F_2}{\partial x} &= 4B_1 - 2B_1 x - (B_1 + B_2 - B_4) y - (B_1 + B_3 - B_5) z\\
\frac{\partial F_1}{\partial y} &= -(A_1 - A_3);\\
\frac{\partial F_2}{\partial y} &= 4B_2 - (B_1 + B_2 - B_4) x - 2B_2 y - (B_2 + B_3 - B_6) z\\
\frac{\partial F_1}{\partial z} &= -(A_1 - A_4);\\
\frac{\partial F_2}{\partial z} &= 4B_3 - (B_1 + B_3 - B_5) x - (B_2 + B_3 - B_6) y - 2B_3 z
\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

Prema tome za određenje neovisnih težina x, y i z odabraćemo, napr. prve dve jednačine pod (7) iz njih izraziti x i y sa z, pa zatim ovakove vrednosti uvrstiti u treću jednačinu pod (6) i odavde izračunati z. Za naš cilj moraju biti sve vrednosti nepoznanica pozitivne i mora biti $[p] = 4$. Međutim gornje jednačine mogu za pojedine nepoznanice dati bilo negativne bilo komplekse vrednosti. U oba slučaja znači, da zadane vizure ne dozvoljavaju takovu raspodelu težina, kod koje će poziciona greška biti minimum, nego će od zadatih vizura postojati najpovoljnija kombinacija samo sa manjim brojem vizura. Interesantno je pri tome, što iz korena jednačina (6) odnosno (7) možemo odmah zaključiti, da li se zadatak dade rešiti sa tri ili sa dve vizure. Ako naime rešenje dade jednu ili više negativnih vrednosti za težine, znači, da postoji kombinacija od tri vizure, koja će sa $[p] = 4$ dati najmanju pozicionu grešku, dok kompleksne vrednosti znače, da kombinacija od dve vizure daje sa $[p] = 4$ minimum pozicione greške. Tom prilikom treba istaknuti, da je uopće vrlo redak slučaj, da će postojati četiri vizure, koje se ne bi mogle nadomestiti sa tri ili čak dve vizure ne samo sa istom, nego i umanjenom pozicionom greškom. Ovu činjenicu valja naročito naglasiti, jer u ekonomiji triangulacionog postupka ima neobično znatno značenje. Nije naime nikako svejedno koliko u terenskom, toliko još više u računskom delu rada, da li će se novo uvrštene tačke moći određivati u pravilu iz tri ili većeg broja vizura.

N u m e r i č k i p r i m e r. Ispitivanje najpovoljnijeg odnosa težina za tačku ♁ Sv. Blaž. Primer je uzet iz iste triangulacije Zagreba.

Za određenje tačke imamo ove vizure: P_1 Sv. Marko, P_2 Jadran film, P_3 Sv. Duh i P_4 Vila Smuđ.

Pomoću očitanih dimenzija sa plana triangulacije dobili smo ove dve linearne i jednu kvadratnu jednačinu za određenje nepoznanica x, y i z:

$$26.013 - 5.028\,x - 11.053\,y - 7.137\,z = 0$$

$$11.863 - 1.754\,x - 6.555\,y - 2.861\,z = 0$$

$$126.396 - 58.298\,x - 46.095\,y - 63.199\,z + 6.313\,x^2 + 10.082\,xy + 12.906\,yz + 0.168\,y^2 + 7.514\,yz + 5.656\,z^2 = 0$$

Iz prvih dviju izrazićemo x i y sa z i uvrstiti u treću, pa ćemo za određenje nepoznanice z dobiti ovakovu vrednost:

$$z^2 + 8.654\, z + 18.764 = 0$$

ili

$z = -4.327 \pm 0.054$ (Uzimamo vrednost sa donjim predznakom.)

Iz ove vrednosti za z dobili smo sledeće vrednosti težina:

$$p_1 = -1.023 \qquad p_2 = +7.678 \qquad p_3 = -1.620 \qquad p_4 = -4.273$$

Kako smo rekli, rezultat negativnih težina dokazuje, da odabrane četiri vizure ne daju minimum pozicione greške. Biće kombinacija od tri vizure, koja će davati manju pozicionu grešku. Da je tako, odmah ćemo viditi.

Iz gornje četiri vizure dobili smo uz pretpostavku jednakih težina, da je poziciona greška:

$$\frac{1}{P_r} = 0.7365 \qquad \text{(vredi za jedinicu 1 cm)}$$

Međutim vizure: P_1, P_3 i P_4 daju ovakovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = 0.8603 \qquad \text{ili uz povećanje sume težina na } [p] = 4$$

$$\frac{1}{P_r} = 0.6452$$

Time je gore reečno potvrđeno.

Drugi numerički primer. Tačka 5 Sv. Juraj. Za određenje ove tačke odabrane su sledeće vizure: P_1 Vila Smud, P_2 Sv. Marko, P_3 Sv. Blaž i P_4 Grmoščica.

Jednačine za određenje triju neovisnih nepoznanica glase:

$$-50.825 + 13.908\, x + 18.200\, y + 10.547\, z = 0$$

$$-87.743 + 24.359\, x + 30.337\, y + 20.676\, z = 0$$

$$+141.766 - 72.901\, x - 60.579\, y - 70.882\, z + 5.916\, x^2 + 6.296\, xy + 14.650\, xz - 2.207\, y^2 + 12.389\, yz + 7.509\, z^2 = 0$$

Odavde je

$$z^2 - 10.296\, z + 72.891 = 0$$

ili

$$z = +5.148 \pm 6.811\, i$$

Prema onome što je ranije rečeno, ovde najpovoljnije rešenje daje kombinacija od dve vizure.

Poziciona greška određena iz četiri zadane vizure iznaša:

$$\frac{1}{P_r} = 0.5755$$

dok vizure P_1 i P_3 daju pozicionu grešku:

$$\frac{1}{P_r} = 0.9857 \qquad \text{ili} \qquad sa = [p] = 4 \qquad \frac{1}{P_r} = 0.4928$$

Kako se iz ova dva konkretna primera vidi, najpovoljnijom raspodelom težina, ne samo da uštedimo na broju ponavljanja, nego dobijamo još više u tome, što možemo prištediti i pojedina stajališta. Pri tome tačnost rezultata nikako ne će stradati. Dakako da je za ekonomiju triangulacionog postupka ova činjenica vrlo važna tim više, što se u praksi postupa baš obrnuto t. j. za određenje tačaka uzima se čim veći broj vizura, usled čega naročito račun postaje dugotrajan, a bez ikakovog značenja za položajnu sigurnost tačke.

Posve je druge prirode pitanje, da li se isplati u redovitim slučajevima sam izbor najpovoljnijih težina, ili je bolje uzeti za najpovoljniju kombinaciju jednake težine. U slučaju raznih težina računski postupak je malo teži, a sa druge strane upotrebom raznih težina umanjuje se poziciona greška samo za malene iznose. Stoga bi u odgovoru na ovo pitanje bilo teško nešto reći, što bi općenito vredilo. Svakako međutim stoji, da broj opažanja, koja treba izvršiti za određenje pojedinih tačaka, mora u svakom slučaju ovisiti od veličine pozicione greške i to tako, da poziciona greška barem približno za sve tačke bude jednaka. Time ćemo postići to, da nigde ne učinimo niti više niti manje, nego je to potrebno, da se dobije rezultat izvesne tačnosti. A to bezuvetno traži racionalno shvaćeni princip ekonomije.

Slučaj običnog presecanja natrag sa tri vizure.

Neka bude $p_2 = x$, $p_3 = y$, a $p_1 = 3 - (x + y)$ . . . (1)

Poziciona greška za nutarnje vizure, kako je poznato, imaće ovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{[p\,aa \cdot 1] + [p\,bb \cdot 1]}{[p\,aa \cdot 1]\,[p\,bb \cdot 1] + [p\,ab \cdot 1]^2} \qquad (2)$$

Ovde nam označava:

$$[p\,aa \cdot 1] = [p\,aa] - \frac{[p\,a]^2}{[p]}; \qquad [p\,bb \cdot 1] = [p\,bb] = \frac{[p\,b]^2}{[p]};$$

$$[p\,a\,b \cdot 1] = [p\,a\,b] - \frac{[p\,a]\,[p\,b]}{[p]} \qquad (3)$$

Uvrštenjem pojedinih vrednosti za težine dobićemo, da je:

$$\left.\begin{aligned}
[p\,aa\cdot 1] &= (a_1-a_2)^2\,x+(a_1-a_3)^2\,y-\frac{1}{3}(a_1-a_2)^2\,x^2-\\
&\quad-\frac{2}{3}(a_1-a_2)(a_1-a_3)\,xy-\frac{1}{3}(a_1-a_3)^2\,y^2\\
[p\,bb\cdot 1] &= (b_1-b_2)^2\,x+(b_1-b_3)^2\,y-\frac{1}{3}(b_1-b_2)^2\,x^2-\\
&\quad-\frac{2}{3}(b_1-b_2)(b_1-b_3)\,xy-\frac{1}{3}(b_1-b_3)^2\,y^2\\
[p\,ab\cdot 1] &= (a_1-a_2)(b_1-b_2)\,x+(a_1-a_3)(b_1-b_3)\,y-\\
&\quad-\frac{1}{3}(a_1-a_2)(b_1-b_2)\,x^2-\frac{1}{3}(a_1-a_2)(b_1-b_3)\,xy-\\
&\quad-\frac{1}{2}(a_1-a_3)(b_1-b_1)\,xy-\frac{1}{3}(a_1-a_3)(b_1-b_3)\,y^2
\end{aligned}\right\}\quad(4)$$

Prema tome dobićemo za pozicionu grešku tačke ovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r}=\frac{3Ax+3By-Ax^2-2Cxy-By^2}{Dxy(3-x-y)}=\frac{F_1(x,y)}{F_2(x,y)}\qquad(5)$$

Ovde označava:

$$\left.\begin{aligned}
A&=(a_1-a_2)^2+(b_1-b_2)^2\\
B&=(a_1-a_3)^2+(b_1-b_3)^2\\
C&=(a_1-a_2)(a_1-a_3)+(b_1-b_2)(b_1-b_3)\\
D&=[(a_1-a_2)(b_1-b_3)-(a_1-a_3)(b_1-b_2)]^2
\end{aligned}\right\}\qquad(6)$$

Da izraz pod (5) bude minimum, moraju dve parcijalne derivacije funkcije $\frac{1}{P_r}$ po x i po y biti jednake nuli t. j. mora biti:

$$\left.\begin{aligned}
&(3A-2Ax-2Cy)(3xy-x^2y\quad xy^2)-\\
&\quad-(3Ax+3By-Ax^2-2Cxy-By^2)(3y-2xy-y^2)=0\\
&(3B-2Cx-2By)(3xy-x^2y-xy^2)-\\
&\quad-(3Ax+3By-Ax^2-2Cxy-By^2)(3x-x^2-2xy)=0
\end{aligned}\right\}\qquad(7)$$

Prvu od jednačina (7) podelićemo sa y, a drugu sa x, pa ćemo dobiti ovakove dve jednačine:

$$\left.\begin{aligned}
&(3A-2Ax-2Cy)(3x-x^2-xy)+\\
&\quad+(3Ax+3By-Ax^2-2Cxy-By^2)(-3+2x+y)=0\\
&(3B-2Cx-2By)(3y-xy-y^2)+\\
&\quad+(3Ax+3By-Ax^2-2Cxy-By^2)(-3+x+2y)=0
\end{aligned}\right\}\qquad(8)$$

Nakon izvršenja označenih operacija dobiće jednačine (8) ovakov oblik:

$$\left.\begin{aligned} -9By + 6Bxy + 6By^2 + (A - 2C)x^2y - 2Bxy^2 - By^3 = 0 \\ -9Ax + 6Axy - 2Ax^2y + (B - 2C)xy^2 + 6Ax^2 - Ax^3 = 0 \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Prvu od jednačina možemo skratiti sa By, a drugu sa Ax, pa ćemo dobiti dve kvadratne jednačine:

$$\left.\begin{aligned} -9 + 6x + 6y - x^2 - 2xy + \frac{B - 2C}{A}y^2 = 0 \\ -9 + 6y + 6x - y^2 - 2xy + \frac{A - 2C}{B}x^2 = 0 \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

U daljem postupku izračunaćemo x iz prve, a y iz druge jednačine. U tu svrhu pisaćemo jednačine pod (9) ovako:

$$x^2 - 2x(3 - y) + (9 - 6y - \frac{B - 2C}{A}y^2) = 0$$

ili

$$x = (3 - y) \pm y\sqrt{\frac{A - 2C + B}{A}} \quad (10)$$

i analogno

$$y^2 - 2y(3 - x) + (9 - 6x - \frac{A - 2C}{B}x^2) = 0$$

ili

$$y = (3 - x) \pm x\sqrt{\frac{A - 2C + B}{B}} \quad (11)$$

Kako sve težine moraju biti pozitivne vrednosti, mi ćemo u jednačinama (10) i (11) odabrati kod drugog člana samo donji predznak. Jedn. (10) i (11) mogu se svesti na mnogo jednostavniji oblik. U tu svrhu ćemo transformirati u prvom redu brojnik $(A - 2C + B)$. Pomoću jednačina (6) možemo transformacijom dobiti, da je

$$A - 2C + B = (a_2 - a_3)^2 + (b_2 - b_3)^2 \quad (12)$$

Daljim transformacijama dobićemo sledeće vrednosti:

$$A = \varrho^2\left[\frac{1}{s_1^2} + \frac{1}{s_2^2} - \frac{2}{s_1 s_2}(\cos\varphi_1\cos\varphi_2 + \sin\varphi_1\sin\varphi_2)\right] =$$

$$= \frac{\varrho^2}{s_1^2 s_2^2}\left[s_1^2 + s_1^2 - 2s_1 s_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)\right]$$

ili

$$A = \varrho^2\frac{s_{1\cdot 2}^2}{s_1^2 s_2^2} \quad (13)$$

Analogno dobijamo:

$$B = \varrho^2\frac{s_{1\cdot 3}^2}{s_1^2 s_3^2} \qquad A - 2C + B = \varrho^2\frac{s_{2\cdot 3}^2}{s_2^2 s_3^2} \quad (13a)$$

Ako sada uvrstimo vrednosti iz (13) u jednačine (10) i (11) preći će one u sledeći oblik.

$$\left.\begin{aligned} x &= (3 - y) - y\,\frac{s_1\, s_{2\cdot 3}}{s_3\, s_{1\cdot 2}} \\ y &= (3 - x) - x\,\frac{s_1\, s_{2\cdot 3}}{s_2\, s_{1\cdot 3}} \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

Ako ovako dobivene jednačine jednu od druge oduzmemo, dobićemo:

$$x = y\,\frac{s_2\, s_{1\cdot 3}}{s_3\, s_{1\cdot 2}} \qquad \text{ili} \qquad y = x\,\frac{s_3\, s_{1\cdot 2}}{s_2\, s_{1\cdot 3}} \qquad (15)$$

Sada možemo vrednost u jednačinama (15), uvrstiti u jednačine (14), pa ćemo dobiti, da je

$$\left.\begin{aligned} x &= 3\,\frac{s_2\, s_{1\cdot 3}}{s_3\, s_{1\cdot 2} + s_2\, s_{1\cdot 3} + s_1\, s_{2\cdot 3}} \\ y &= 3\,\frac{s_3\, s_{1\cdot 2}}{s_3\, s_{1\cdot 2} + s_2\, s_{1\cdot 3} + s_1\, s_{2\cdot 3}} \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Konačno za najpovoljniji odnos težina kod običnog presecanja natrag imamo ove vrednosti:

$$p_1 = \frac{s_1\, s_{2\cdot 3}}{\Sigma}; \qquad p_2 = \frac{s_2\, s_{1\cdot 3}}{\Sigma}; \qquad p_3 = \frac{s_3\, s_{2\cdot 2}}{\Sigma} \qquad (17)$$

gdje je

$$\Sigma = \frac{3}{s_3\, s_{1\cdot 2} + s_2\, s_{1\cdot 3} + s_1\, s_{2\cdot 3}}$$

Ovde označuju s_1, s_2, s_3 udaljenosti od nove prema zadatim tačkama, a $s_{1\cdot 2}$, $s_{2\cdot 3}$, $s_{1\cdot 3}$ međusobna rastojanja između zadatih tačaka.

Kako vidimo iz gornjih jednačina, težine pojedinih vizura možemo lako odrediti iz veličina, koje se dadu očitati sa plana triangulacije. Gornje nam formule pokazuju, da kod tri vizure težine moraju biti uvek pozitivne vrednosti.

Prelazeći dalje na slučaj presecanja natrag sa više od tri vizure, morali bismo rešiti više jednačina višega stupnja, a osim toga i znatno kompliciranog oblika. Usled ograničenog prostora mi ovakov slučaj ne ćemo ispitivati tim pre, što će, kako kod presecanja napred, tako i kod presecanja natrag, biti dosta redak slučaj, da se više od tri vizure ne bi mogle nadomestiti sa tri najpovoljnije vizure.

Najpovoljnija raspodela težina kod kombinovanog slučaja vanjskih i nutarnjih vizura.

Strogo uzev kod kombinovanog slučaja morali bismo promatrati vanjske i nutarnje vizure kao jednu jedinstvenu celinu. U tom naime slučaju dobili bismo formule, pomoću kojih bi se dalo ispitivati u konkretnim slučajevima, koje vizure t. j. da li vanjske ili nutarnje daju povoljnije odnose za određenje nove tačke. Međutim ispitivanje, upućeno ovakovim pravcem, dovelo bi nas do nemogućnosti, da zadatak rešimo, jer bismo

imali posla sa jednačinama višega stupnja, koje radi svoga vrlo složenog oblika ne bi bile zgodne za jedno praktično ispitivanje.

Mi ćemo se stoga zadovoljiti i time, da svaku od ovih dviju grupa, t. j. i vanjske i nutarnje vizure, promatramo kao dve u samom toku ispitivanja neovisne celine. Drugim rečima mi smo prisiljeni, da služeći se dosadanjim izvodima ispitujemo u pojedinom konkretnom slučaju, kakovo značenje imaju pojedine grupe vizura za položajnu grešku tačke.

Kako smo već ranije rekli, općenito ispoređivanje vanjskih i nutarnjih vizura dovodi nas do zaključka, da nutarnje vizure, i ako kod iste sume težina daju pozicionu grešku uvek veću, nego vanjske, ipak imaju prednost, jer kod iste sume težina vanjske vizure traže mnogo veći broj ponavljanja. Kako znademo, ta pojava proizlazi usled toga, što su vanjske vizure zapravo orijentirani smerni kutevi, koji, jer sadrže u sebi i grešku orijentacije, kod istog broja ponavljanja imaju manju težinu, nego nutarnje vizure.

No svakako biće i takvih slučajeva, gde će i pored ove činjenice presecanje napred biti ekonomičnije i to tada, kada se na pr. zadane vizure nalaze samo u dva susedna ili u jednom kvadrantu. U tom naime slučaju, a usled toga što će jedan ili oba kojeficijenta imati za sve vizure jednaki predznak, biće kod presecanja natrag težina jedne ili obe koordinate malena, pa prema tome i poziciona greška velika. Kod presecanja napred međutim to ne će vršiti na pozicionu grešku toliki uticaj, kao kod presecanja natrag, pa će se stoga dogoditi, da presecanje napred u ovakovom konkretnom slučaju daje i sa manjim brojem ponavljanja pozicionu grešku manju.

Da ovo malo pobliže rasvetlimo, mi ćemo se pozabaviti jednim slučajem iz već navedene triangulacije Zagreba.

No, pre nego pređemo na ovo, ispitaćemo, kakovo značenje ima merenje trećega kuta kod običnog presecanja napred. Ovo je naime najelementarniji slučaj kombinovanog presecanja, pa je stoga i interesantno, da se njime malo pobliže pozabavimo.

Slučaj kombinovanog presecanja iz dve vizure.

Obradićemo dva konkretna primera.

1. Primer. Nova tačka određuje se pod presekom od 90° i obe daljine prema poznatim tačkama su jednake. Uzećemo, da su sume težina i za vanjske i za nutarnje vizure jednake t. j. $[p] = 2$.

Pretpostavimo li, da su vizure paralelne sa koordinatnim osima, imaćemo, da je:

$$a_1 = 0 \qquad b_1 = \frac{\varrho}{s}$$

$$a_2 = \frac{\varrho}{s} \qquad b_2 = 0$$

Prema tome biće za čisto presecanje nlapred:

$$[aa] = \frac{\varrho^2}{s^2}; \quad [bb] = \frac{\varrho^2}{s^2}; \quad [a\,b] = 0$$

i poziciona greška:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{[aa] + [bb]}{[aa]\,[bb] - [ab]^2} = \frac{\frac{2\varrho^2}{s^2}}{\frac{\varrho^4}{s^4}} = \frac{2s^2}{\varrho^2} \qquad (1)$$

Kako je za presecanje natrag:

$$\frac{[a]^2}{[p]} = \frac{\varrho^2}{2s^2}; \qquad \frac{[b]^2}{[p]} = \frac{\varrho^2}{2s^2}; \qquad \frac{[a]\,[b]}{[p]} = \frac{\varrho^2}{2s^2}$$

biće

$$[aa \cdot 1] = \frac{\varrho^2}{2s^2}; \qquad [bb \cdot 1] = \frac{\varrho^2}{2s^2}; \qquad [a\,b \cdot 1] = -\frac{\varrho^2}{2s^2}$$

i prema tome:

$$[aa] + [aa \cdot 1] = \frac{3}{2}\frac{\varrho^2}{s^2}; \qquad [bb] + [bb \cdot 1] = \frac{3}{2}\frac{\varrho^2}{s^2};$$

$$[a\,b] + [a\,b \cdot 1] = -\frac{1}{2}\frac{\varrho^2}{s^2}$$

Prema tome imaćemo za kombinovano presecanje ovakovu vrednost pozicione greške:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{3}{2}\frac{s^2}{\varrho^2} \qquad (2)$$

Ako želimo isporediti vrednosti pod (1) i (2) moramo prvu podeliti sa dva, pošto u drugoj imamo za ukupnu sumu težina dvostruku vrednost t. j. (p) = 4. Dakle pozicione greške odnose se kao:

$$\frac{s^2}{\varrho^2} : \frac{3}{2}\frac{s^2}{\varrho^2}$$

Pretpostavimo li, da je za poznatim stajalištima orijentacija izvedena samo na jednu zadanu vizuru, to će se, da se postigne težina vizure 1, morati izvršiti dvostruki broj ponavljanja na dve vizure. Neka ovaj broj ponavljanja bude n. Kod čistog presecanja napred biće dakle potrebno na svakom stajalištu (uz pretpostavku [p] = 4) izvršiti 4n ponavljanja po dve vizure t. j. na oba stajališta 8 n ponavljanja. Kod kombinovanog presecanja međutim moraće se, da se dobije poziciona greška ista kao i kod presecanja napred izvršiti na novoj tački $\frac{3}{2}n$ ponavljanja po dve vizure, a na svakom od zadatih stajališta $\frac{3}{2}n \times 2$ ponavljanja, dakle u svemu 7.5 n ponavljanja po dve vizure.

Iz ovoga sledi, da kombinovanim presecanjem dobivamo istu poziciona grešku sa formalnom prištednjom na opservaciji od nešto preko 6% potrebnog rada kod jednostavnog presecanja napred. Ovde, dakako nije uzeta u obzir činjenica, da je potrebno, umesto na dva, na tri stajališta opservirati.

2. P r i m e r. Nova se tačka određuje pod presekom od 60°. Obe udaljenosti prema poznatim tačkama su jednake. Neka je suma težina za vanjske i za nutarnje vizure jednaka t. j. $[p] = 2$.

Za čisto presecanje napred dobijamo za pozicionu grešku ovu vrednost:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{8}{3}\frac{s^2}{\varrho^2} \tag{3}$$

dok za kombinovano:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{5}{3}\frac{s^2}{\varrho^2} \tag{4}$$

Obzirom na to, što je gornja vrednost izračunata za IpJ = 2, biće uz pretpostavku, da ikod vanjskih vizura bude IpJ = 4, poziciona greška:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{4}{2}\frac{s^2}{\varrho^2} \tag{5}$$

Uz pretpostavke, koje su postavljene kod prvog primera, moraće se kod presecanja napred, da se dobije za pozicionu grešku vrednost pod (5), izvršiti 8 n ponavljanje sa dve vizure. Dotle će za kombinovano presecanje biti potrebno izvršiti na novoj tački $\frac{5}{4}n$ ponavljanja sa dve vizure, a zadatima $\frac{5}{4}n \times 2$ ponavljanja, dakle u svemu $6\frac{1}{4}n$ ponavljanja pod dve vizure.

Iz ovoga sledi, da kod kombinovanog presecanja dobijamo formalnu prištednju u opservaciji po prilici 22% potrebnog rada kod čistog presecanja napred.

Na temelju rezultata kod ova dva primjera možemo izvesti zaključak, da ćemo merenjem nutarnjih vizura postići izvesnu formalnu ekonomiju u radu i to tim veću, čim je manji kut, pod kojim se tačka seče.

Kod dosadanjeg ispitivanja mi smo uzeli, da vanjske i nutarnje vizure ulaze u račun sa istim težinama. Međutim stvar će nešto drugačije izgledati, ako težinu nutarnjih vizura povećamo na pr. u odnosu 1 : 2.

Ispitaćemo rezultat ovakove pretpostavke na našem drugom primeru. Uzećemo, da je suma težina za vanjske vizure Ip] = 1, a za nutarnje Ip] = 2. U samoj stvari kao rezultat ove pretpostavke sledi, da se (u koliko je orijentacija kod vanjskih vizura izvršena pomoću jedne zadane vizure) na poznatima i nepoznatoj točki izvrši jednak broj ponavljanja.

Za čisto presecanje napred imaćemo uz pretpostavku, da Ip] = 3, ovu vrednost za pozicionu grešku:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{16}{9}\frac{s^2}{\varrho^2} \tag{6}$$

dok ćemo za kombinovano presecanje dobiti:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{8}{3}\frac{s^2}{\varrho^2} \tag{7}$$

Prema tome će biti potrebno za svako stajalište kod čistog presecanja izvršiti $\frac{16}{9} \times 3n$ ponavljanja sa dve vizure ili u svemu ponavljanja $\frac{32}{3} n$, dok kod kombinovanog bića potreban broj ponavljanja za svako stajalište $\frac{8}{3} n$ ponavljanja po dve vizure ili u svemu $\frac{24}{3} n$ ponavljanja. Dakle biće formalna prištednja upotrebom kombinovanog presecanja 25% onoga rada, koji je za istu vrednost pozicione greške potreban kod čistog presecanja napred. Iz ovoga vidimo, da je ova prištednja nešto veća nego u gornjem slučaju.

Stvarajući iz dosadanjeg ispitivanja općenitije zaključke pogledom na postignutu zbiljnu ekonomiju terenskog rada moramo uzeti u obzir sledeće okolnosti. Ono, što je dosada rečeno bezuvetno vredi za pojedine slučajeve t. j. kada se radi o određenju jedne jedine tačke. No stvar će svakako drugačije izgledati kod triangulacije, kojom određujemo čitav niz novih točaka. U tom naime slučaju biće mnogo zadatih tačaka, na kojima se mora opservacija obaviti radi određenja više novih tačaka. Radi toga opaža vizure za orijentaciju služiće za sve nove vizure, koje su na stajalištu opažene. Kod novih tačaka, koje će služiti za dalje određenje drugih tačaka, vizure opažene radi samog određenja stajališta, služiće ujedno i kao orijentacione vizure za nove tačke. Prema tome opažanje orijentacionih vizura ovde ne dolazi ili uopće ili tek neznatno u obzir. Sve ove momente stoga treba uvažiti, ako se ne želi doći do zaključaka, koji ne bi bili posve pravilni ili bi bili čak posve pogrešni. Isto tako teško je doći do jednog zaključka, (koji bi imao općenitu vrednost), da li se sa stajališta ekonomije kod konkretnog slučaja, t. j. najjednostavnijeg slučaja kombinovanog presecanja, isplati povećanje težine za nutarnje vizure.

Slučaj kombinovanog presecanja sa tri vizure.

Kao ranije, tako ćemo i ovde obraditi dva konkretna slučaja, pa ćemo pokušati, da iz rezultata ovakovog ispitivanja izvedemo zaključke općenitijeg karaktera.

1. Primer. Za određenje tačke: Vila Smuđ imamo tri vanjske i nutarnje vizure: P_1 Vila Weiss, P_2 Sv. Marko i P_3 Grmoščica.

Uz pretpostavku istih težina dobijamo ove vrednosti za pozicionu grešku:

Za vanjske vizure: $\frac{1}{P_r} = 1.704$ (izraženo u centimetrima) $[p] = 3$

Za nutarnje „ $\frac{1}{P_r} = 1.755$ „ $[p] = 3$

Za kombinovano $\frac{1}{P_r} = 0.8644$ „ $[p] = 6$

Određivanjem najpovoljnijeg odnosa težina na poznati način dobili smo ovakove vrednosti:

Za nutarnje vizure: $p_1 = 0.957$ $p_2 = 1.350$ $p_3 = 0.693$

Za vanjske vizure: $p_1 = 0.787$ $p_2 = 1.052$ $p_3 = 1.161$

Ako sada u račun pozicione greške uzmeno taj najpovoljniji odnos težina (pretpostavimo da i za kombinovano preslanje vrede!) dobićemo:

Za vanjske vizure:	$\frac{1}{P_r} = 1.659$	$[p] = 3$
Za nutarnje „	$\frac{1}{P_r} = 1.713$	$[p] = 3$
Kombinovano	$\frac{1}{P_r} = 0.8377$	$[p] = 6$

Uzmemo li, da je srednja greška merenja za jedinicu težine $\pm$ 2″.5, to ćemo morati, želimo li dobiti položajnu grešku od $\pm$ 1 cm, povećati težine:

kod vanjskih vizura za	$1.659 \times 6.25 = 10.368$
kod nutarnjih vizura za	$1.713 \times 6.25 = 10.706$
kod kombinovanog slučaja za	$0.8377 \times 6.25 = 5.236$

Pojedine težine moraće iznositi:

1. Kod čistog presecanja napred $p_1 = 9.92$, $p_2 = 14.00$, $p_3 = 7.19$. Ako je orijentacija na zadatim tačkama određena merenjem jedne poznate vizure, moraćemo opservirati na Tački P_1 20 girusa, na P_2 28 girusa i na P_3 14 girusa, uvek po dve vizure. Sumarno moramo opažati 124 vizure u 62 razna girusa i tri stajališta. Gornja procena potrebnog rada dakako vredi za slučaj, da je na gore označenim poznatim tačkama potrebno vršiti opažanje samo radi određenja naše nove tačke.

2. Kod čistog presecanja natrag biće pojedine težine ovako uvećane: $p_1 = 8.43$, $p_2 = 11.26$, $p_3 = 12.42$. Biće dakle potrebno izvršiti opservaciju na ukupno 34 vizure u 13 raznih girusa i na jednom stajalištu.

3. Za kombinovano presecanje moraćemo težine uvećati:

vanjske:	$p_1 = 5.01$;	$p_2 = 7.07$;	$p_3 = 3.63$
nutarnje:	$p_1 = 4.12$;	$p_2 = 5.51$;	$p_3 = 6.08$

U svemu ćemo dakle izvršiti opservacija 78 vizura u 37 raznih girusa i na četiri stajališta.

Iz toga proizlazi, da je sa stajalište ekonomije najpovoljnija kombinacija sa nutarnjim vizurama, jer se sa minimalnim gubitkom na vremenu može dobiti isti rezultat.

Kod ovoga ispitivanja mi smo pretpostavili, da je na zadatim tačkama bila potrebna opservacija samo za određenje ove jedne nove tačke. Drugačije će stvar izgledati, ako uzmemo, da je i na zadatim stajalištima trebalo izvršiti opservacije za samo određenje tačke. U tom naime slučaju gubitak za određenje orijentacije ne moramo uzeti u račun. Da si možemo predstaviti, kako će stvar u ovom slučaju izgledati uzećemo, da je za određenje zadatih točaka trebalo opažati vizura prosečno u ukupnoj težini $[p] = 20$,

Sada se za treći slučaj kod vanjskih vizura dobiju označene težine, trebaće opservirati novu tačku na stajalištu P_1 u 7 girusa, na P_2 u 11 girusa na P_3 u 4 girusa; dakle u svemu višak na opservaciji iznosi 22 razna girusa po jednu novu vizuru. Na novoj tački treba apsorvirati 16 vizura

u barem 6 girusa. Uzmemo li u obzir, da je kod vanjskih vizura bilo i onako potrebno opažati druge vizure u ovim girusima, dakle da je gubitak u vremenu za opažanje još jedne nove vizure neznatan, možemo zaključiti, da je u normalnim slučajevima (t. j. kada i vanjske i nutarnje vizure svako za sebe daju dobar presek) merenje vanjskih i nutarnjih vizura približno jednake vrednosti. Međutim, ako se radi o pojedinačnom određenju samo jedne, ili ograničenog broja tačaka, imaju nutarnje vizure vrlo veliku prednost, jer možemo uz minimalan potrošak u vremenu dobiti dobar rezultat.

D r u g i p r i m e r. Tačka R e b a r. Za određenje ove tačke imademo kao najpovoljnije dve vanjske: P_1 Stolna crkva i P_3: Vila Holjac, i tri nutarnje vizure: P_1 Na kanalu; P_2 Stolna crkva, P_3 Vila Holjac.

Poziciona greška ima ove vrednosti:

Za vanjske vizure:	$\frac{1}{P_r} = 2.829$	$[p] = 2$
Za nutarnje „	$\frac{1}{P_r} = 4.133$	$[p] = 3$
Kombinovano	$\frac{1}{P_r} = 1.550$	$[p] = 5$

Najpovoljnijim izborom težina dobili smo:

Za vanjske vizure		$p_2 = 1.022$	$p_3 = 0.978$
Za nutarnje vizure:	$p_1 = 0.986$	$p_2 = 1.301$	$p_3 = 0.713$

Uvrštenjem ovih težina poziciona se greška umanjila:

Za vanjske vizure:	$\frac{1}{P_r} = 2.828$	$[p] = 2$
Za nutarnje „	$\frac{1}{P_r} = 3.921$	$[p] = 3$
Kombinovano	$\frac{1}{P_r} = 1.533$	$[p] = 5$

Da se dobije tačnost, označena u ranijem primeru, moraće težine biti ovako uvećane:

Kod čistog presecanja napred:		$p_2 = 18.06$;	$p_3 = 17.29$
Kod čistog presecanja natrag	$p_1 = 24.26$;	$p_2 = 32.01$;	$p_3 = 17.54$
Kod kombinovanog presecanja:		$p_2 = 9.79$;	$p_3 = 9.37$
	$p_1 = 9.45$;	$p_2 = 12.46$;	$p_3 = 6.83$

Kako se vidi iz ovih rezultata gornji primer predstavlja jedan nepovoljan slučaj za čisto presecanje natrag. Naime kod presecanja natrag potrebno je u svemu opažati 74 vizure u najmanje 32 girusa, dok bi kombinovano presecanje tražilo opservaciju za nutarnje vizure 29 vizura u najmanje 12 girusa i za vanjske 37 girusa po dve vizure ili u svemu 103 vizure u 49 razna girusa i na tri stajališta. Ovaj broj dao bi se smanjiti do izvesnog sterena, ako bi se vanjske vizure opažale istovremeno sa onim podacima, koji su potrebni za određenje samoga stajališta.

Iz ova dva primera možemo zaključiti, da u svakom slučaju vanjske i nutarnje vizure kod pojedinačnog određivanja većeg broja tačaka imaju po prilici isto značenje. Ujedno sledi, da presecanje natrag ima kad više, kad manje prednosti, a ta je tim očitija, ako uzmemo u obzir, da ovakovo rešenje traži opservaciju samo na jednoj t. j. nepoznatoj tački.

Konačne napomene.

Iz dosadanjih izvoda možemo konačno zaključiti, da sama po sebi najpovoljnija raspodela težina kod pojedinačnog uvrštavanja tačaka, gledana sa čisto praktičkog stajališta, ima vrlo maleno značenje. Upo trebom najpovoljnijih težina naime mi pozicionu grešku umanjujemo redovito za tako malene iznose, da o kakovoj naročitoj ekonomiji postupka ne može biti ni govora. No ustanovili smo jednu drugu stvar, koja očigledno ima vrlo veliki značaj za ekonomiju rada, a to je, da, protivno primjenjivanom iskustvu, nije u nikojem slučaju opravdano za određenje novih točaka opservirati i uvoditi u račun veliki broj vizura. Vidili smo naime, da će se između većeg broja postojećih vizura moći odabrati redovito takove tri vizure, koje će uvećanjem težina dati rezultat mnogo tačniji, a sa druge strane time postizavamo znatnu ekonomiju koliko u terenskom, toliko i u računskom postupku. Nije nikako svejedno, da li će se pojedina tačka određivati iz manjeg ili većeg broja vizura. Isto tako utvrdili smo da dosadanja deoba triangulacione mreže u redove ne daje rezultate, koje jedna racionalno shvaćena praksa treba da očekuje. Za potrebiti broj ponavljanja nisu meritorne dužine trokutnih stanica, nego samo presek, pod kojim se tačka određuje. Prema tome nužno moramo zaključiti, da za svaku tačku moramo napose odrediti broj opažanja, koji će biti ovisan jedino o veličini položajne greške tačke. Ako ovako budemo postupali, postići ćemo, da nam sve tačke naše triangulacije budu uz minimalni gubitak na vremenu, određene sa približno jednakom tačnosti.

Dakako, gore izvedeni zaključci ne daju se u praksi valjano primeniti, ako se ne bude o ovome vodilo računa, koliko prilikom izbora tačaka nat erenu, toliko još više pre same opservacije kuteva i sastava plana računanja. Prema tome glavno težište dobiva ovaj deo rada, koji je uostalom i ne svojoj prirodi najvažniji, jer to je pravi rad stručnjaka, dok je sama opservacija, pa i svi dalji računi posao, koji se dade, a i mora, posve mehanizirati. Kod izrade projekta triangulacije potrebno je najveću pažnju obratiti u tom pravcu, da se za svaku tačku odabere takove vizure, koje će u smislu naših izvoda o pozicionoj greški davati najpovoljniji presek. Ovo je važno radi toga, što u slučaju ovakovog izbora možemo uz manji gubitak na vremenu dobiti povoljniji rezultat. U tom pravcu karakterističan je naš raniji primer tačaka: Debeljak, Celinac i Velja gora, koji baš jasno ilustrira, kako nije svejedno, da li se odlučimo za ovaj ili onaj izbor vizura.

Na koncu treba istaknuti, da se ovo, što je rečeno ne da primeniti u svakoj triangulaciji. Napr. tamo, gde su zadane tačke relativno malene tačnosti, mora se za određenje novih tačaka uzeti veći broj vizura, nego bi to općenito uzeto bilo potrebno, a to naročito radi toga, da se nove tačke mogu što verovatnije smestiti unutar ovakove više ili manje pogrešne, trigonometičke mreže. Ovakav slučaj imamo u triangulaciji na teritoriji bivšeg mađarskog katastra. Ovde nam mogu koordinate tačaka

već usled samog zaokružavanja na 0.1 hv., biti pogrešne za 10 centimetara, a osim toga i usled same projekcije (Cassini-jeve koordirate) postoje znatne deformacije. Radi svega ovoga biće potrebno u pravilu uzimati veći broj vizura za svaku pojedinu tačku, ako ne želimo dobiti na pojedinim mestima znatne otklone. Ovo je bilo potrebno istaknuti i radi toga, što se u ovakovim triangulacijama redovito dobivaju takve greške, koje ni u kojem slučaju ne stoje u bilo kakovoj logičnoj vezi sa tačnošću same opservacije, pa bi stoga primenjujući gornje zaključke dobili rezultate možda posve drugačije, nego što bismo morali očekivati.

ZUSAMMENFASSUNG.

Günstigste Gewichtsverteilung bei einzelweisen Bestimmungen des Punkte des eigenschaltenen trigonometrischen Netzes.

Als günstigste Gewichtsverteilung wurde die mit minimalem Lagefehler des eingeschaltenen Punktes genommen. Diesen Lagefehler erhielten wir mittels des mittleren Punktehlers auf folgende Weise:

$$M_r^2 = m_x^2 + m_y^2$$

wo **mx** und **my** die mittleren Koordinatenfehler sind, also:

$$m_x^2 = \frac{m^2}{P_x} \qquad \text{und} \qquad m_y^2 = \frac{m^2}{P_y}$$

Durch Substitution obiger Werte erhalten wir für den mittleren Punktfehler einen solchen Wert.

$$M_r^2 = m^2 \frac{P_x + P_y}{P_x P_y}$$

Ausdruck: $\frac{P_x + P_y}{P_x P_y} = \frac{1}{P_r}$ stellt den Lagefehler dar. Diese Grösse ist unabhängig von den Vermessungsfehlern und von dem Koordinatensystem der gegebenen Triangulierung.

Bei der Ermitlung der günstigsten Gewichtsverteilung wird vorausgesetzt dass die Summe der Gewichte [p] aller Visuren konstant sei. Daraus folgt, dass eine dieser Gewichte abhängig sein wird von den anderen, die wir mit x, y . . bezeichnen. Wenn nun diese Werte in den Ausdruck für den Lagefehler eingeführt werden, erhält man den Lagefehler als Funktion der Grössen x, y . . .; also:

$$\frac{1}{P_r} = \frac{F_1(x, y \cdots)}{F_2(x, y \cdots)}$$

Dem vorangeführten entsprechend müssen die Grössen **x, y** . . . derart bestimmt werden, dass der Lagefehler ein Minimum werde und deshalb müssen folgende Bedingungsgleichungen erfült werden.

$$\frac{\partial F_1}{\partial x} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial x} F_1 = 0$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial y} F_2 - \frac{\partial F_2}{\partial y} F_1 = 0$$

. . .

Dies sind quadratische Gleichungen. Die Auflösung dieser Gleichungen führt uns zu einer solchen Gewichtsverteilung, die ein Minimum des Lagefehlers ergibt. Die Wurzeln der Gleichungen können so positive wie negative als auch komplexe Werte bilden. Für unsere Zwecke sind nur die positiven Werte von Bedeutung. Die negativen oder komplexen Wurzelwerte der Gleichungen zeigen, dass eine geringere Zahl günstigst gestellter Visuren ein Minimum des Lagerfehlers gibt.

Diese Untersuchungen zeigen, dass die günstigste Gewichte den Lagefehler nur um kleine Beträge veringern. Obige Ausführungen zeigen aber, dass in meissten Fällen drei solche Visuren ausgewählt werden können, die durch gewisse Gewichtsvergrösserung einen geringeren Lagerfehler geben werden, als eine Anzahl von anderen Visuren. Daraus folgt, dass für die Lösung der Aufgaben eingeschaltener Triangulierungen drei entsprechende Visuren zu wählen genügen. Dergleichen die Beobachtungszahl soll aus der Grösse des Lagefehlers derart bestimmt werden um für alle Punkte annähernd gleiche Lagefehler zu erhalten.

Tehnički Fakultet Univerziteta u Zagrebu i agrarne operacije.

Pavle Horvat.

Navršujući desetgodišnjicu opstanka tehničkog fakulteta u Zagrebu, smatrali smo za potrebno, da prikažemo u glavnim potezima rezultate sudjelovanja toga fakulteta pri provodbi agrarnih operacija na teritoriju Hrvatske i Slavonije, podrazumijevajući tu i Sremsku oblast.

Pod agrarnim operacijama podrazumevamo provađanje poslova oko komasacije zemljišta, te poslove oko provedbe individualnih i razgodbenih deoba zemljišnih zajednica.

Na početku god. 1919. bio je sticanjem prilika jedan od nastavnika tadanjeg geodetskog tečaja prinuđen da preuzme ispražnjeno mesto tehničkog nadzornika komasacionih radnji, pa je po tome nakon odlaska toga nastavnika iz države, bio moralno prinuđen drugi nastavnik već tada postojećeg tehničkog fakulteta u Zagrebu, da preuzme do dajlnjega vodstvo navedenog tehničkog nadzorništva, koga u privremenom svojstvu i sada vodi.

Da bi se u tadanjim teškim prilikama moglo to nadzorništvo u opće uzdržati do definitivne organizacije komasacionih vlasti, potrebno je bilo pružiti, odnosno stvoriti mogućnost funkcioniranja toga nadzorništva, što je učinio pomenuti tehnički fakultet, davši navedenom nadzorništvu potrebne prostorije, premda ih ni sam nije dostatno imao. Po tome je dao besplatno osvetljenje, ogrev i poslugu; tolerirao je, da nastavno i drugo osoblje službenog karaktera, pomogne navedenu instituciju, budući je ta institucija bila bez ikakovih materijalnih sredstava. Dozvolio je upotrebu svoga veoma skromnoga instrumentarija za ispitivanje i utvrđivanje novih metoda rada itd.

Da se može razumeti opsežnost navedenih poslova i sve teškoće njihove provedbe u specijalno našim prilikama, smatramo za potrebno, da učinimo u tome pogledu nekoliko napomena opšte prirode.

Već od vajkada prema narodnim običajima priznavala se je eminentna važnost pojmu vlasništva (pravo neograničenog raspolaganja) na nepokretna zemaljska dobra, pa su sva plemena već prema svojoj uljudbi i svojim potrebama, odnosne pravne običaje gledom na nepokretna zemaljska dobra uređivala zakonskim normama.

Takovih zakonskih normi poznajemo kod svih naroda. Vlasništvo uopće, a zemaljsko nepokretno dobro napose, smatramo je prvim i jedinim uvetom životu i razvitka čoveka i njegova potomstva.

Ono je ukorenjeno u prirodi čoveka i izvire iz prirode ljudske, te je prema tome i najoriginalniji rekvizit običajnoga prava u narodu.

Kako je u prvoj dobi ljudskoga roda sve bilo zajedničko, bila su pokretna pa i nepokretna dobra zajednička.

Iz ovoga zajedničkoga dobra, razvilo se je veoma polako idividualno osobno vlasništvo istom tada, kad se je u ljudskom rodu razvio, odnosno počeo razvijati bračni život.

Svet je postepeno išao napred u uljudbi i tad se je pojavilo porodično vlasništvo i to naročito na obradivom zemljištu, dok su pašnjaci i šume i tada ostali zajedničkim nerazdeljivim dobrom. Postepeno se je razvijao običaj, da dobra, koja bijahu svojinom jedne kućne porodice ostaju u vlasnosti njezina potomstva, pa se takovo dobro nije moglo niti oduzeti, a niti otuditi. Tragovi razvoju takovog vlasništva, najosjetljivije se opažaju kod južnih Slavena i Čeha u kućnim zadrugama.

Kod Srba i Hrvata pravno-povjesni razvoj porodičnog odnosno zadružnog i plemenskog života, potpuno je istovetan izuzetkom Muhamedanaca, budući da su oni sačinjavali posebnu obiteljsku grupu ,radi preinake izazvanih verozakonskim elementima, navlastito po fakultativnoj poligamiji.

Zakonske norme, kojima se regulišu imovinsko-pravni i zadružno-obiteljski odnošaji, spadali su već od njihovog uvađanja, a spadaju i danas u agrarni po državi pogodovani sistem, te imadu strogo politički značaj, pa se nikako ne mogu smatrati kao sastavni deo privatnoga prava, jer mu nije svrhom zaštita privatnih interesa. Radi opštega dobra zasižu ovakove norme neposredno u odnošaje seljačkoga poseda, štiteći gospodarski opstanak zadružnih porodica, kao i interes države, koji za nju izvire iz takova opstanka.

Takove je odnošaje na bivšem krajiškom području naše države našao već strogo vojnički sistem, pod nazivom vojničkih lena, pa ih je u svoje svrhe iskoristio, jer mu je to stanje pogodovalo.

O tome ima veoma mnogo dokaza u samim temeljnim krajiškim zakonskim normama, naročito u tobožnjim privilegijama za krajišnike sadržanim u carskim patentima od god. 1630. i 1754, te temeljnom krajiškom zakonu od 8. XI. 1807. kao i u onom od 7. V. 1850., pa sve završno u zadružnom zakonu odn 8. VI. 1871. Na građanskom području Hrvatske i Slavnije postojao je čisti feudalni sistem, iz kojega se je razvio podanički odnošaj sa materijalnom podlogom zadružnog seljačkog života na urbarskom ili urbarsko-srodnom posjedu (sesija — selište), dok je plemićki i građanski posed bio isključen od zadružnog posjedovanja.

Ovi su odnošaji regulisani starijim Ugarsko-Hrvatskim zakonima od god. 1563. i 1725., Terezijanskim urbarom i naputkom, te je istom delomično dokinut zakonskim člankom od 10. I. 1886. i onim od god. 1870. dok nije stupio na snagu zajednički zadružni zakon za oba područja od 8. V. 1889.

Poznavanje navedenog zakona, te njegovih primena ne samo da je korisno, nego je i neminovno potrebno za svakoga saradnika u poslovima komasacija, individualnih i razgodbenih dioba nekretnina zemljišnih zajednica, jer u tima operacijama, pokraj sve to većega razvoja individualnoga vlasništva iz zadružnoga poseda, bilo putem redovite ili potajne deobe, bilo pako uslijed razlaza zadruga, još uvijek u znatnom dijelu učestvuje zadruga sa svojim posjedom kao neposredni učesnik.

Ukidanjem strogo krajiškog vojnog-lenskog sistema i uređenjem krajiških imovnih općina zakonom od 8. VI. 1871. s jedne strane te razrešenjem čistog feudalnog sistema i provedbom t. zv. segregacije s druge strane, razvilo se posebno zkonodavstvo, koje je zakonom od 25. IV. 1894. utvrdilo norme o uređenju zemljišnih zajednica, a prema

posebnim starinskim plemićkim privilegijama iz tada još gospodujućih političkih posebnih odnošaja, donešen je daljnji zemaljski zakon od 1. V. 1895. o uređenju plemenite općine Turopoljske i njezinih 22. sučija.

Navedeni zakoni normiraju skupna uživanja na zemljišnim zajednicama, te razgodbeni i individualno — deobni postupak — ovo potonje u vezi sa zakonom o komasaciji zemljišta od 22. VI. 1902.

U novije doba je zahtev za individualnim deobama zemljišnih zajednica sve veći, obzirom na činjenicu, da ovlašteni ci tih zemljišnih zajednica imaju danomice sve manji zemljišni posed, koje komadanje nastaje usled realnih deoba, koje se vrše prilikom nasljeđivanja i prenašanja zemljišne svojine u malim komadima. Zemljišne su zajednice još jedina rezerva zemljišna iz koje se može da poveća seljački mali posed.

Prilikom ukidanja feudalnih odnosa u bivšem građanskom području i provedbom odcepljenja (segregacija) seljačkog posjeda od feuda, nastao je urbarski komasacioni zakon od god. 1836. čl. VI. po kome se uz odcepljenje provađa i komasacija zemljišta. Prema tome zakonu grupisani su posedi bilo vlastelinski, bilo seljački uz osnivanje, odnosno korigiranje poljskih puteva, osiguravši time direktan pristup svakome zemljištu.

Komasacija se po tome zakonu provađala ili sporazumno ili prisilno.

Dopuna gornjem zakonu bio je zak. član X. od god. 1836. te carski patent od 17. V. 1857. Godine 1891. od 26. V. stupio je na snagu novi komasaciom zakon za urbarsko područje, koji se je do skora pokazao nepodesnim i morao zameniti novim.

Provedba navedenih zakona bila je poverena sudbenim stolovima, kao urbarskim sudovima.

Posljednji komasacioni zakon, koji je stupio na snagu 22. VI. 1902. te koji je i danas na snazi, kao i njegova provedbena naredba od 8. VII. 1902. broj 54353 izrađen je na osnovu obilne zakonske građe, raznih i mnogostrukih stručnih mnenja te opsežnih saborskih rasprava, tako da se je njegova primena pokazala korisnom i uspešnom.

Napred izložen i sumarno prikazan historijski razvoj agrarnog zakonodavstva sadržava u našim prilikama najbitniji deo poljoprivredne politike, koja ima, općenito uzevši, da sadržava sve mere državnog organizma, te mere javno-pravnih organizacija, kao i sve organizacije interesenata, koje su upravljene na uzdržavanje dotično unapređenje poljske privrede.

Uzevši u obzir, da smo pretežno agrarna zemlja jednog u osnovi demokratskog društva, ali još primitivne privredne kulture, pred nama je veoma dugačak i mučan put privrednog razvoja i kulturnog napredovanja, pa je za to potrebno, da poznajemo osnove za taj razvoj i da odaberemo izvesne podesne načine, kako da provedemo unapređenje poljske privrede kod nas.

Pri tome valja osobito uzeti u obzir, da priroda zemljoradničkog zanimanja i uveti za uspevanje poljske privrede obrazuju u zemljoradničkom dotično seoskom elementu izvesne osobine, koje se cene, kao veoma korisne sa socijalnog i ekonomskog gledišta.

Veća stabilnost seljačkog elementa nego li gradskog razvija u njemu dublju odanost zavičaju i nepokoljebivu ljubav za zemlju.

Zemljoradnički je elemenat velika snaga i korektiv, koji usporava suviše nagle promene u društvu i državi.

Vidokrug seljaka je u istinu ograničen i mali, ali stalne i duboke utiske iako retke, prerađuje seljak neumorno i do sitnica. On je postojaniji

od građanina; naviknut na nepogode u polju, održava se verom u bolju budućnost.

Pasivnošću i mukotrpnošću prirodnog čoveka, podnosi seljak i narodnu sudbinu.

Priroda iziskuje izvršivanje svih poljskih radova na vreme i razvija na taj način osećaj savesnosti, pa ostavljajući samo srazmerno malu mogućnost za ličnu inicijativu i novotarije, pojačava privrženost postojećem poretku i ustanovama.

Seljak je po tome čuvar tradicija, naročito u porodičnom i privrednom životu.

Sve te činjenice čine seljaka-zemljoradnika zaostalijim i manje pristupačnim najnovijim naučnim tekovinama, jer je on i suviše često obmanjivan, a da ne bi bio nepoverljiv.

Mnoge nesimpatične crte u karakteru seljaka, osobito u krajevima, koji ulaze u intenzivniji promet, dolaze od nesigurnosti njegova rasuđivanja i njegova morala usled dodira sa novim okolnostima i prilikama.

Uzevši gore navedene operacije, možemo danas već približno sigurno ustvrditi, da je značaj tih operacija, kako u privrednom tako i u rasnobiološkom, te socijalnom i nacionalno-političkom pogledu veoma važan.

Značaj tih radova sastoji se u tome, što oni stvaraju sigurnu podlogu za usavršenje poljske privrede i to: stvaraju pravilnu poljsku situaciju, da se time omogući pregled poseda. Osiguravaju mu siguran pristup, odvađaju suvišnu vodu, skupljaju razbacane i nepravilne zemljišne čestice u jednu celinu pravilnoga oblika; podesnog za mehaničku obradu zemlje, sređuju pravno stanje svakog pojedinog interesenta, omogućuju izvedbu opšte korisnih uredaba svih vrsti, a individualnom deobom zemljišnih zajednica, povećava se zemljišni posed, te se time uvećava ekonomska snaga pojedinog autohtonog zemljoradnika.

Prema tome bi cilj agrarnih operacija bio, da individualnom deobom zemljišnih zajednica privede kulturi velike površine plodne zemlje, koja je do sada tako rekuć stajala ne samo neobrađena, nego i neiskorišćena, a komasacijom i melioracijom da srede u seoskim hatarevima sve odnose koji su svojom nesređenošću sprečavli naprednu poljsku privredu.

U cilju provedbe gore navedenih poslova bilo je potrebno organizirati tehničku službu, koja bi imala prema ovdašnjim prilikama, da čim bolje zadovolji istaknute potrebe.

Po prihvatu komasacionog zakona od 22. VI. 1902. otpočinje komasaciono poslovanje na osnovu toga zakona, pri čemu otpada veliki deo provedbenog poslovanja na tehničke veštake.

U prvi mah su se tehnički veštaci regrutirali iz redova grunovničarskog stručnog činovništva.

U brzo su se pokazali nedostaci navedenog stručnog osoblja pri provedbi tih opsežnih i složnih poslova, te je tadanja zemaljska vlada pomišljala naskoro iza stupanja na snagu navedenog zakona, kako da školskom stručnom spremom omogući stvaranje odgovarajućeg stručnog osoblja.

U tu svrhu je bio osnovan god. 1908. dvogodišnji geodetski tečaj sa specijalnim karakterom, da zadovolji gore istaknute potrebe.

Navedeni tečaj bio je osnovan na tadanjoj šumarskoj akademiji, koja je bila sastavni deo filozofskog fakulteta zagrebačkog sveučilišta.

Temeljna načela na kojima je bio osnovan bivši geodetski tečaj, bilo je gruntovno-tehničko poslovanje, za razliku od drugih geodetskih tečajeva, koji su bili osnovani na bazi katastarsko-tehničkog poslovanja.

Po tome je bivši geodetski tečaj sadržavao osim tehničke nastave još i upoznavanje slušača sa onim neophodno potrebnim propisima pravnoga karaktera, koji su usko vezani sa odgovarajućim poslovanjem tehničke prirode u cilju realizacije napred navedenog poslovanja.

Geodetski je tečaj od god. 1908. do god. 1920. odgojio oko 60 kandidata geodetske struke, koji su imali da postepeno preuzmu tehničko poslovanje od empiričkog osoblja pri provedbi agrarnih operacija, te da nastave rad na navedenim poslovima sa usavršenijim metodama rada u socijalnom smislu t. j. u najužoj saradnji sa seljačkim elementom, na način, koji bi provedbu tih radova načinio čim pristupačnijom širokim narodnim slojevima, tako da oni mogu te poslove pratiti i u njima sudjelovati sa razumevanjem i poverenjem.

Provadajući navedene poslove, pojavljivala su se postepeno nova pitanja tehničko-ekonomskog karaktera, koja su tražila svoja rešenja (detaljna triangulacija, hidrotehnički radovi proširenje postojećih i osnivanje novih naseobina, osnivanje opšte korisnih uredbi svih vrsti itd.), te je valjalo u tome pogledu proširivati naučnu osnovu dotadanjeg geodetskog tečaja i tako je u god. 1920. stvoreno sadanje geodetsko i kulturnotehničkom odjeljenje na tehničkom fakultetu u Zagrebu.

To je odelenje do sada svršilo 17 inženjera.

Na sledećih nekoliko primera prikazati ćemo u kratko obimnost navedenih poslova, koji su izvršeni za posljednjih deset godina.

Tom će prilikom biti navedeni i stariji poslovi, koji su preuzeti iza stručnjaka empiričara, te smo slobodni tom prilikom primjetiti, da je često puta dovršenje, odnosno likvidacija tih starih poslova zadavalo više brige i truda nego novo započeti poslovi.

Tamo gde nam ne stoje na raspolaganju detaljni podaci, poslužit ćemo se sa sumarnim prikazima.

Podatke ćemo srediti po oblastima, prikazavši na završetku rekapitulacijom konačan rezultat rada.

I. Sremska oblast.

Do god. 1919. provedeno je u sremskoj oblasti komasacija zemljišta u 25 poreznih opština sa p. p. 90.000 kat. jutara zemljišne površine. Uspešno, u koliko nam je poznato, nije u sremskoj oblasti do navedenog vremena provedena niti jedna individualna deoba zemlj. zajednica.

Od god. 1919. do uključivo ove godine (1929.) provedene su komasacije zemljišta u sledećim opštinama:

Sotin, Ivankovo, Vukovarski Petrovci, Berak, Belegiš, Retkovci, Andrijaševci, Rokovci, Vinkovci, Mitrovica, Golubinci, Cerna, Novi Banovci, Mikluševci, Stari Banovci, Vodinci, Privlaka, Surduk, Mandjelos, Nova Pazova, Erdevik, Tovarnik, Stejanovci, Novo Selo, Šarengrad, Dobanovci, Bečmen, Novak, Pavlovci, V. Banovci, Podgradje, Nemci, Djeletovci, Orolik, Slakovci, Laze, Ugrinovci, Novi Mikanovci, i Stari Mikanovci.

Svega 39 sela sa površinom od 135.000 kat. jutara.

II. Osečka oblast.

a) Komasaciono poverenstvo u Osijeku.

Prije rata su provedeni komasacioni poslovi u 20 p. o. sa površinom od pp. 30.000 kat. jutara.

Od god. 1919. do uključivo god. 1929. proveden je komasacioni postupak, podrazumjevajući tu i likvidaciju starih zaostalih poslova, u 28 sela, a to su:

Mrzović, Gorjani, Beničanci, Gašinci, Piškorevci, Potnjani, Rakitovica, Semeljci, Šaptinovci, Marijanci, Kešinci, Kunišinci, Forkuševci, Donji Miholjac, Djakovački Selci, Viškovci, Punitovci, Djakovo, Bokšić, Buk, Blacko, Kuzmica, Čamagajevci, Sv. Djuradj, Miholjački Poreč, Veliškovci, Bocanjevci i Velika sa površinom od p. p. 70.000 kat. jutara,

Individualnom deobom je podeljeno u p. p. 40 sela oko 20.000 jutara zemljišta zemljišnih zajednica i na taj način je znatno povećana ekonomska snaga autohtonog seljačkog elementa u tim selima.

b) Komasaciono poverenstvo u Belovaru.

Pod komasacionim povjerenstvom u Belovaru provedeno je u roku od poslednjih 10 godina individualnih deoba zemljišnih zajednica u p. p. 100 sela sa okruglo oko 50.000 jutara površine. Time se je okolina: Bjelovara, Križevaca i Koprivnice kako u ekonomskom, tako i u socialnom pogledu znatno unapredila.

III. Zagrebačka oblast.

Pre rata su provedeni komasacioni poslovi u 5 sela sa ukupnom površinom od 1630 jutara.

Od god. 1919. do danas likvidirane su komasacije u sledećim selima: Velika Gorica, Gradići, Kurilovec, Donja Lomnica, Velika Mlaka, Donji Lukovec, Buševac, Mraclin te rudina Filipička. Svega 9 sela sa ukupnom površinom od p. p. 8.000 kat. jutara.

Individualnih deoba zemljišnih zajednica provedeno je u Zagrebačkoj oblasti u p. p. 50 sela sa okruglo 10.000 jutara zemljišta.

Prema napred istaknutim podacima privedeno je poljoprivrednoj kulturi višega stepena ukupno:

I. Pre rata.

Komasacionim postupkom od god. 1902.—1919.

u 25 sela Sremske oblasti	89.000 jutara
u 20 sela Osečke oblasti	30.000 jutara
u 5 sela Zagrebačke oblasti	1.630 jutara
Ukupno u 50 sela	120.600 jutara

II. Nakon ujedinjenja.

u roku od god. 1919.—1929.

a) Komasacionim postupkom.

u 36 sela Sremske oblasti sa	135.000 kat. jutara
u 28 sela Osečke oblasti sa	70.000 kat. jutara
u 9 sela Zagrebačke oblasti sa	8.000 kat. jutara
Ukupno 75 sela sa	213.000 kat. jutara

b) Individualnom deobom zemljišnih zajednica.

4 sela Sremske oblasti	oko	5.000 jutara
40 sela Osečke oblasti	oko	20.000 jutara
100 sela Osečke oblasti (pov. Belovar)		50.000 jutara
50 sela Zagrebačke oblasti		10.000 jutara
Upupno		85.000 jutara

Poznata je činjenica, da usled provedenog komasacionog postupka padaju troškovi proizvodnje za p. p. 30% ukupnih troškova, a žetveni se prirast povisuje za daljnih 30% ne uzimajući u obzir usled melioracije novo dobivene znatne nove površine najplodnijeg zemljišta, što trajno povisuje godišnji žetveni prinos:

A. Kod komasacionih površina pre rata:

Kao što je napred istaknuto, komasirano je pre rata 120.000 jutara. Uzmemo li u obzir spomenuti žrtveni prirast, to dobijamo, ako uzmemo, da srednji žetveni prinos na nekomasiranom zemljištu iznaša 6 mtc. sa + 2 mtc.

120.000 × 2 = 240.000 mtc. × 200 Dinara, što iznaša 48,000.000 Din. godišnjeg plus viška.

B. Nakon ujedinjenja od god. 1919.—1929.

1. Ukupno komasirano oko 213.000 jutara, što čini:

213.000 × 2 mtc. = 426.000 mtc. ili
426.000 mtc. × 200 Din. = **85,000.000 Din.**

2. Ukupno individualnom deobom zemlj. zajednica interesentima je dodeljeno: 85.000 jutara, što daje žetveni prinost obzirom na činjenicu, da pre deobe navedena površina nije bila uopće poljskoj kulturi privedena:

85.000 × 6 mtc. = 510.000 mtc. × 200 Din. = 102,000.000 Din.

Prema tome bi bio ukupni godišnji žetveni prirast ad B. 187,000.000 Dinara, ako uzmemo u obzir spomenuto smanjivanje proizvodnih troškova, tako da bi gornji iznos mogli povisiti na okruglo 200,000.000 Din.

Koliko se je time narodni imetak povisio lako je izračunati.

Uzmemo li približno, da iznašaju izdaci za provedbu navedenih poslova 200 Din. po jutru, to tada ti izdaci iznašaju:

213.000 + 85.000 = 298.000 = 300.000 jutara
t. j. 300.000 × 200 = 60,000.000 Dinara.

Prema tome ukupni troškovi provedbe navedenih poslova iznašaju ⅓ stalnog godišnjeg povećanog prihoda.

Na nekoliko idućih primera prikazati ćemo potanje poslovanje u navedenim radovima.

A. Individualna deoba zemljišnih zajednica.

1. Zemljišna zajednica urbarske općine Gaj u por. općini Dianeš, politička općina Vrbovec.

Ukupna površina zemljišne zajednice iznašala je: 315 kat. jutara. Od toga je isključeno iz deobe (kao putevi i ispust za stoku) 14 kat. jutara.

Prema tome je individualno podeljeno među ovlaštenike 301 jutro i to:

136 jutara pašnjaka (sada oranice i livade).

165 jutara šume.

Ovlaštenika interesenata ima 100 sa 568 deobnih delova.

Najmanja ovlaštenička pripadnost iznaša 984 kv. h., a najveća pripadnost iznaša 8 jutara 986 kv. hv.

Položaj:

a) Pašnjaka od 116 jutara je ravan, a 20 jutara valovit.

b) šuma od 107 jutara ravan, a 58 jutara valovit.

Šumske su sastojine slijedeće:

30 jut. stara hrastova šuma (oko 90 god. stara).

12 jut. hrastova stara oko 50 god.

123 jut. hrastova šuma stara od 4—40 god.

Sastav tla: Ilovača pomešana sa peskom.

Način nadeljivanja:

Prema sporazumu, izvršujući gospodarstvenu tendenciju učesnika, složeni su principi nadelenja i po njima je isto izvršeno i sastavljena diobna osnova na sljedeći način:

Najveći ovlaštenici su nadeljeni u 4 komada i to u livadama u onome delu, koji je sposoban za oranicu, te u najstarijoj i najmlađoj šumi, dok su manji ovlaštenici nadeljeni tako, da se je izbegavala prevelika rascepkanost, ali da su ipak nadeljeni sa šumom i pašnjakom i to tako, da dobiveni deo odgovara razmeru vrednosti njihovog ovlašteničkog prava.

Prigovara proti deobi nije bilo ni prilikom izloženja operata, ni prilikom izrečenja konačne rešidbe.

Prema izjavi g. A. Pankretića jednoga od glavnih ovlaštenika-interesenata, te bivšeg podpredsednika oblasnog odbora zagrebačke oblasti, donela je navedena individualna dioba selu Gaju sa novo stvorenim oraničkim posedom (oko 100 jutara) stalan godišnji žetveni prinos od 2000 mtc. bez obzira na prirast livadskog zemljišta i novih šumskih pripadnosti.

B. Komasacija zemljišta.

a) Komasacija zemljišta p. o. Kuče u Zagrebačkoj oblasti imala je u komasacionoj gromadi 557 jut. 1510 kv. hv. sa 322 učesnika i 5043 čestica pre provedbe komasacionog postupka. Nakon provedbe komasacije nadeljena su navedena 322 učesnika sa 675 zemljišna komada.

Kakova je tu vladala rascepkanost posjeda prije provedbe komasacionog postupka, prikazuju nam sledeća dva primera:

1. Cunčić Josip k. br. 37. iz Kuča imao je pre komasacije posed od 5 jut. 122 kv. hv. raštrkan u 94 komada, a komasacijom je dobio novi posed iste vrednosti u 4 čestice sa površinom od 5 jut. 251 kv. hv.

2. Berković Kata i Bara iz Kuča k. br. 25. imale su u suvlasništvu svega 519 kv. hv. pre komasacije i to raštrkano u 20 čestica. Za taj posed, koji je bio slabe vrednosti, dobile su jednu česticu dobre zemlje u površini od 328 kv. hv. Komasacija je izvedena pre rata.

b) Komasacija p. o. Kunišinci u Osječkoj oblasti.

Površina cele komasacione gromade iznaša 1705 jut. 173 kv. hv. koja je razvrstana u 6. procenbenih razreda, bez obzira na kulture.

Broj je učesnika iznašao 195, koji sačinjavaju 172 kućanstva.

Posednika je bilo:

Sa površinom od 539 kv. kv. do 3 jutra svega 16 i to većinom iz susednih sela.

Sa površinom od		3	jutara	—	5	jutara	svega	25
»	»	»	5	»	—	7	»	»	20
»	»	»	7	»	—	10	»	»	30
»	»	»	10	»	—	13	»	»	26
»	»	»	13	»	—	16	»	»	37
»	»	»	16	»	—	20	»	»	8
»	»	»	20	»	—	30	»	»	8
»	»	preko 30 jutara					»	2

Pre komasacije je posed bio rascepkan u 2825 komada sa 3025 čestica, dok je komasacijom složen posed u 283 komada sa 306 čestica.

Od toga je primilo posed:

110 učesnika u 1 komadu
79 učesnika u 2 komada
5 učesnika u 3 komada.

c) Komasacija p. o. Mikanovci-Stari u Sremskoj oblasti.

Navedeno komasaciono područje leži u srezu Vinkovci, a medjaši na sjeveru sa p. o. Mrzović, Vrbica, te sa šumom brodske imovne općine i p. o. Novi-Mikanovci. Rudina Curića njive odeljena je od ostale gromade sa šumom brodske imovne općine.

Položaj je komasacionog područja u severnom delu ponešto valovit i visok, a u južnom delu nizak.

Zemljište je u severnom delu oranica žutica, a u južnom delu nešto žutica, a u glavnom crnica ponešto pomešana sa laporom.

U komasaciju je bilo povučeno svo zemljište p. o. Stari Mikanovci osim intravilana, vinograda i šuma.

Komasaciona gromada sa 515 učesnika imala je pre komasacije 4118 čestica i 3718 komada, dok su komasacijom složeni posedi u 1490 čestica i 787 komada, bez zemljišne zajednice i javnoga dobra. Ovamo nisu računata produženja vrtova i novo osnovane podkućnice.

Posed je primilo 309 učesnika u jednome komadu, 151 učesnik u dva komada, 44 učesnika u 3 komada, te 11 učesnika u četiri komada.

Zemljišna zajednica i javno dobro primili su svoju kompetenciju u više komada.

Posjednika je bilo:

od	1	jutra	svega	65
»	1—2	»	»	90
»	2—4	»	»	100
»	4—6	»	»	72
»	6—10	»	»	87
»	10—20	»	»	84
preko 20 jutara			»	17 učesnika.

Prema tome otpada na jednoga učesnika p. p. 6 jutara.

Površina komasacione gromade iznosi:

4408 jutara 265 kv. hv. koja je rajvrstana u 5 procenbenih razreda bez obzira na kulture.

Istodobno sa provedbom komasacije provedena je po oblasnom komasacionom poverenstvu u Vukovaru i kanalizacija komasacione gromade. Ukupna dužina izvedenih kanala iznaša 41.880 met. sa ukupnom kubaturom od 85.154 m³.

Poljskih puteva preloženo je u dužini od 13.700 mt. a novo osnovanih 50.760 mt.

Navedeni su putevi osnovani u području visokog položaja sa širinom od 2 hv. a u području niskog položaja sa širinom od 2.5 hv.

d) K o m a s a c i j a p. o. D o b a n o v c i.

Ukupna površina komasacione gromade iznosi 8328 jutara 720 kv. hv. Zemljište je razvrstano u 7 bonitetnih razreda i to:

I.	razred	2171	jut. 1381
II.	»	2970	jut. 1171
III.	»	2087	jut. 1362
IV.	»	183	jut. 542
V.	»	560	jut. 730
VI.	»	117	jut. 991
VII.	»	35	jut. 376

Površina puteva i kanala iznaša 201 jutro i 567 sv. hv.

Klasifikacija zemljišta je izvršena po sledećim načelima:

U I. razred spada humozno, sipko i propustno tlo veće plodnosti.

U II. razred humozno i sipko tlo manje plodnosti i vezano tlo veće plodnosti.

U III. razred spada zemljište prelaza iz sipkog u vezano tlo, a odlikuje se visokom kapilarnošti, što prouzrokuje konstantnu nižu temperaturu tla, nadalje ovamo spada periodično podvodno tlo sipkog karaktera.

U IV. razred razvrstano je tlo periodički podvodno, koje je uz to i vezano tlo.

U V. razred spada stalno podvodno tlo humoznog karaktera.

U VI. razred spada stalno podvodno tlo vezanoga karaktera.

U VII. razred spadaju vrtlozi.

Po veličini su razdeljeni posedi na sledeći način:

do	3	jut.	površine	ima	ukupno	95 interesenata-posednika
od	3—5	»	»	»	»	68 posednika
»	5—10	»	»	»	»	141 »
»	10—20	»	»	»	»	31 »
»	20—40	»	»	»	»	57 »
»	40—60	»	»	»	»	8 »
»	60—80	»	»	»	»	3 »
»	80—100	»	»	»	»	3 »
preko	100	»	»	»	»	3 »
stranih interesenata				ima		142 »
					Ukupno	551 posednik

Prema tome iznaša poprečni posed jednog interesenta oko 13 jutara.

Pre komasacije je bio posed razdeljen na sledeći način:

do	5	jutara	je	posed	sastojao	iz	8—10	čestica
od	10—20	»	»	»	»	»	15—25	»
»	20—40	»	»	»	»	»	25—50	»

Tipični primer je posed najvećeg posednika sa 130 jutara, koji se sstojao iz 121 čestice. Ukupni broj čestica komasacione gromade iznosi: 8155 čestica.

Slaganje novoga poseda vršeno je prema sledećim načelima:

Svi interesenti izuzev malih posednika ispod 3 jutra, daju srazmerno površini dotično vrednosti, koju unaša u komasacionu gromadu potrebne površine za puteve i kanale.

Posednici do 3 jutra površine dobivaju osim navedenoga potpunu svoju kompetenciju u prvom ili drugom razredu, ako je zakonom zemlju posedovao i pre komasacije.

Nadelenje je vršeno tako da su posednici do 10 jutara površine dobivali nov posed u jednome komadu, a dalje prema kvalitetu svoga zemljišta u 2 pa i 3 komada. Za takovo nadelenje bila je odlučna jedna rudina u kojoj su interesenti veoma nerado primali novi posed, te se je moralo nadeljivati u navedenoj rudini tako, da svaki onaj posednik, koji je u toj rudini posedovao više od 1 jutra zemljišta, morao u toj rudini biti nadeljen sa jednim komadom.

Žalba protiv procene zemljišta bilo je 10 i sve su povoljno rešene.

Istodobno je ispravnim postupkom rešeno oko 1200 stavaka po povereniku za sastav gruntovnih uložaka. Tom prilikom je kratkim putem provedena eksproprijacija zemljišta železničke pruge Batajnica—Boljevci za onaj dio, koji leži na hataru p. o. Dobanovci, kao i koncesioniranih kanala zemunske vodne zadruge.

U svrhu provedbe melioracije podvodnog zemljišta izvedena je opsežna kanalizaciona mreža usklađena sa komasacionom osnovom, pa je u tu svrhu obavljen plošni nivelman na površini od 5000 jutara. Na temelju toga nivelemana sastavljeni su slojni planovi u visinskim razmacima od 10 cm u merilu katastarske mape i to tako, da su se polagale nivelemanske petlje po putevima i izrazitim postojećim međama na udaljenosti od 80—100 met., a spajanjem ovih točaka međusobno sa traverzama dobivena je kvadratnoj mreži nalika visinska slika terena.

Ova metoda rada isključuje svaku grešku merenja i računanja.

Dužina projektovanih kanala iznaša 87 km. sa 277.756 m^3 iskopa.

U kratkim bi to potezima bio prikaz rada u provedbi navedenih operacija za posljednjih 10 godina. U tome vremenskom razdoblju sačuvan je kontinuitet toga neobično važnoga poslovanja do dobe, kada se je tome poslovanju počela kod nas općenito priznavati važnost i time se je tehnički fakultet u Zagrebu odužio svome narodu.

Pri završetku ovoga prikaza izneti ćemo nekoliko misli, na koje smatramo da je potrebno upozoriti, a to su:

1. Svi navedeni poslovi provađaju se na trošak interesenata. Velikim delom moraju interesenti navedeni trošak pozajmicom kod banaka pokrivati, što je tegotno obzirom na činjenicu, da se za takovu pozajmicu moraju plaćati kamate u iznosu 15—16% što čini oko $^1/_6$ pozajmljene glavnice, a to znatno poskupljuje takove radnje.

Pre rata su se za te poslove predujmljivali iz gospodarske zaklade bezkamatno znatne svote sve do iznosa od 100.000 zlatnih kruna pojedinoj općini (vidi § 62 zakona), što za sada nije bio slučaj. Mislimo da bi bilo preko potrebno u tome pogledu nešto učiniti.

2. Izvedene kanale i umetne objekte na njima uzdržavaju interesenti pritegnuti na to od komasacionog poverenstva, sve dok traje nadležnost toga poverenstva nad komasacionim objektom. Nameće se sada pitanje ko će preuzeti nadzor nad uzdržavanjem tih objekata iza prestanka nadležnosti komasacionih vlasti?

Manje općine redovito to nisu u stanju, a političke vlasti u čiju bi to nadležnost spadalo nemaju (osobito one niže molbe) za to potrebito tehničko osoblje, pa bi i u tome pogledu trebalo nešto hitno učiniti uzevši u obzir činjenicu, da neuzdržavani kanali iza nekoliko godina postaju neupotrebivi.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Technische Fakultät der Universität in Zagreb und die Agraroperationen in Kroatien und Slavonien.

Die Zusammenlegung der Grundstücke, sowie die Verteilung der gemeinschaftlichen Weiden und Forsten, erfolgt in Kroatien u. Slavonien auf Grund des Gesetzes von 22. VI. 1902 bezw. vom 25. IV. 1894 (und 1. V. 1895).

Es wurde zusammengelegt und verteilt vom 22. VI. 1902 bis inclusive 1929. rund 250.000 hektar mit einem Kostenaufswande von rund: 85,000.000.

Vom Jahre 1927. angefangen werden gemeinschaftlich mit obengenanntem Operationen auch sistematische Meliorationen mit Erfolg durchgeführt.

O vlastitim ili slobodnim titrajima štapova i ploča promijenljivog presijeka.

Milivoj Prejac.

Pod vlastitim ili slobodnim titrajima razumijevamo takove titraje, koje prouzrokuju elastične sile u nekom sistemu. Možemo li to titranje predočiti samo jednom koordinatom, to velimo, da taj sistem imade jedan stepen slobode. Djeluje li na elastični sistem sila, koja se periodički mijenja, to će ona prouzročiti titrajeve, koji imadu istu frekvenciju kao i sila. Amplitude ovakovih prisilnih titraja zavise o odnosu frekvencije sile i frekvencije slobodnih titraja. Ako su obe frekvencije jednake nastaje resonancija.

Kod strojevâ, koji rade sa konstantnim brzinama, ne možemo tako dobro izjednačiti mase, da posve uklonimo sile, koja nam smetaju. Ako je broj okretaja u sekundi jednak broju vlastitih titraja tog stroja, to amplitude titraja tako porastu, da one prouzroče opasna naprezanja, koje mogu imati katastrofalne posljedice za sam stroj. Iz toga letimičnog prikaza se već vidi od kolike jest također praktične važnosti poznavanje broja vlastitih titraja nekoga stroja t. j. njegovih dijelova. U slijedećem ćemo prikazati, kako se može poznata metoda Ritz-a[1] primijeniti na proračunavanje vlastitih titraja koničnih štapova i ploča promijenljive debljine.

1. Štapovi.

Pomislimo si štap, u obliku stošca, koji je upet na jednom kraju. (Vidi slika a). Da odredimo broj vlastitih titraja toga štapa poslužit ćemo se principom virtuelnog pomicanja tako, da dodamo štapu, koji titra, sile inercije. Radnja sile inercije kod svakog virtuealnog pomaka biti će jednaka prirastu potencijalne energije.

Označimo sa V potencijalnu energiju štapa, sa F presijek u daljini x od 0, sa γ specifičnu težinu to je

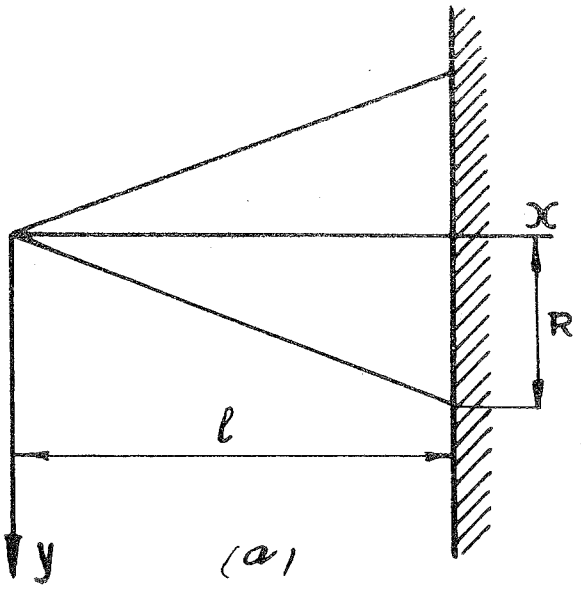
$$\delta\ V + \int \delta y \cdot \frac{\gamma \cdot F}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\, dx = 0 \qquad (1)$$

Izraz za potencijalnu energiju našeg štapa glasi

$$V = \frac{1}{2} \int_0^l E J \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)^2 dx$$

gdje je J aksijalni momenat tromosti a E modul elasticiteta.

[1] Annalen d. Physik Bd. XXVIII. (1909.) str. 815.



Uzmimo, da se y mijenja proporcijalno sa cosnt to jed. (1) dobiva oblik:

$$\delta \int_0^l \left[\frac{EJ}{2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 - \frac{\gamma \cdot F \cdot n^2}{2g} \cdot y^2 \right] dx = 0 \qquad (2)$$

Iz slike (a) slijedi da je

$$J = x^4 \frac{\pi R^4}{4 l^4}, \; F = x^2 \frac{R^2 \pi}{l^2}$$

Riješenje jed. (2) svodi se na traženje ekstremnih vrijednosti integrala

$$\int_0^l \left[\frac{EJ}{2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 - \frac{\gamma \cdot F \cdot n^2}{2g} \; y^2 \right] dx = \mathrm{U} \qquad (3)$$

Mi ćemo zadaću računa varijacija zamijeniti sa traženjem običnog maksima ili minima. U tu svrhu ćemo uzeti približan izraz za y u obliku reda

$$y = (x - l)^2 (a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + \cdots)$$

taj red mora biti tako odabran, da jed. (3) poprimi ekstremnu vrijednost te mora da odgovara uvjetima na krajevima štapa. Na desnom upetom kraju (vidi sl. a) biti će

$$(y)_{x=l} = 0 \; i \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=l} = 0$$

Koeficijente a_1 $a_2 \ldots$ $a_n \ldots$ odredit ćemo tako, da budu zadovoljavali jednadžbama

$$\frac{\partial U}{\partial a_1} = 0 \quad \frac{\partial U}{\partial a_2} = 0 \quad \text{i t. d.}$$

Iz ovih jednadžaba možemo odrediti broj titraja n.

Uzmimo, radi jednostavnosti, u našem prije postavljenom redu za y najprije samo prvi član

$$y = (x - l)^2 \cdot a_1 , \quad \frac{d y^2}{d x^2} = 2 a_1$$

Uvrstimo li ovu vrijednost za y kao i vrijednost za F i J ujed. (3) to dobijemo:

$$\int_0^l \left[\frac{E}{2} \cdot x^4 \cdot \frac{\pi R^4}{4 l^4} (2 a_1)^2 - \frac{\gamma \cdot n^2 \cdot x^2 \cdot R^2 \pi}{2 g l^2} (x - l)^2 a_1^2 \right] d x = \mathrm{U} \qquad (4)$$

Broj titraja n dobit ćemo iz uvjeta za maximum ili minimum integrala (4), koji izračunan glasi:

$$\frac{E R^2 \cdot g \cdot a_1^2}{\gamma} \cdot \frac{l^3}{5} - \frac{n^2 \cdot l^4}{105} \cdot a_1^2 = \mathrm{U}$$

Diferencirajmo tu jed. po a_1 to dobijemo:

$$2 a_1 \cdot \frac{E R^2 g \cdot l^3}{5 \gamma} - \frac{2 a_1 \cdot n^2 \cdot l^4}{105} = 0$$

$$n^2 = \frac{105 \, E R^2 g}{5 \cdot \gamma \cdot l^4}$$

$$n = 4{,}58 \cdot \frac{R}{l^2} \sqrt{\frac{E g}{\gamma}}$$

Uzmemo li sada za y izraz sa dva člana, to ćemo vidjeti, da smo došli bliže eksaktnom riješenju.

Da pojednostavnimo računske operacije supstituirat ćemo mjesto $y = z \cdot l$. Jednadžba (2) poprimit će oblik

$$\delta \int_0^1 \left[\frac{E \cdot g \cdot R^4}{4 \cdot \gamma \cdot l^4} \cdot z^4 \left(\frac{d^2 y}{d z^2} \right)^2 - z^2 \cdot n^2 \cdot y^2 \right] d z = 0 \qquad (5)$$

a jed. (3) poprimit će prema tome oblik:

$$\int_0^1 \left[\frac{E \cdot g \cdot R^4}{4 \cdot \gamma \cdot l^4} \cdot z^4 \left(\frac{d^2 y}{d z^2} \right)^2 - z^2 \cdot n^2 \cdot y^2 \right] d z = 0 \qquad (6)$$

Za y uzmemo izraz sa dva koeficijenta (parametra) a_1 i a_2

$$y = (z - 1)^2 \, (a_1 + a_2 z)$$

Taj izraz zadovoljuje uvjetima na krajevima jer je

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = \frac{1}{l}\left(\frac{dy}{dz}\right)_{z=1} = 0$$

Uvrstimo vrijed. za y i njegovu drugu derivaciju u jed. (6) te ovu jed. integriramo to dobijemo

$$\frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4}\left(\frac{1}{5}\, a_1^2 + \frac{1}{5}\, a_1 a_2 + \frac{3}{35}\, a_2^2\right) - \left(\frac{a_1^2}{105} + \frac{a_1 \cdot a_2}{140} + \frac{a_2^2}{630}\right) = U$$

Iz uvjeta za max ili minimum za U slijede jed.

$$-\frac{\partial U}{\partial a_1} = 0 \quad \frac{\partial U}{\partial a_2} = 0 \quad \text{t. j.}$$

$$\left.\begin{aligned} (14\, a_1 + 7\, a_2)\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - n^2\left(\frac{2}{3}\, a_1 + \frac{1}{4}\, a_2\right) = 0 \\ (7\, a_1 + 6\, a_2)\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - n^2\left(\frac{a_1}{4} + \frac{a_2}{9}\right) = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

ili

$$a_1\left(14 \cdot \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{2}{3}\, n^2\right) + a_2\left(7\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{n^2}{4}\right) = 0$$

$$a_1\left(7 \cdot \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{n^2}{4}\right) + a_2\left(6\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{n^2}{9}\right) = 0$$

Ove dvije jednadžbe mogu za a_1 i a_2 dati samo u tom slučaju rješenja, koja se razlikuju od nule, ako se poništava njihov determinant t. j.

$$\left(14\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{2}{3}\, n^2\right)\left(6\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{n^2}{4}\right) - \left(7\, \frac{Eg \cdot R^2}{\gamma \cdot l^4} - \frac{n^2}{4}\right) = 0$$

Ova jednadžba daje dva riješenja za n^2.

Osnovnom broju titraja odgovarati će manji korjen

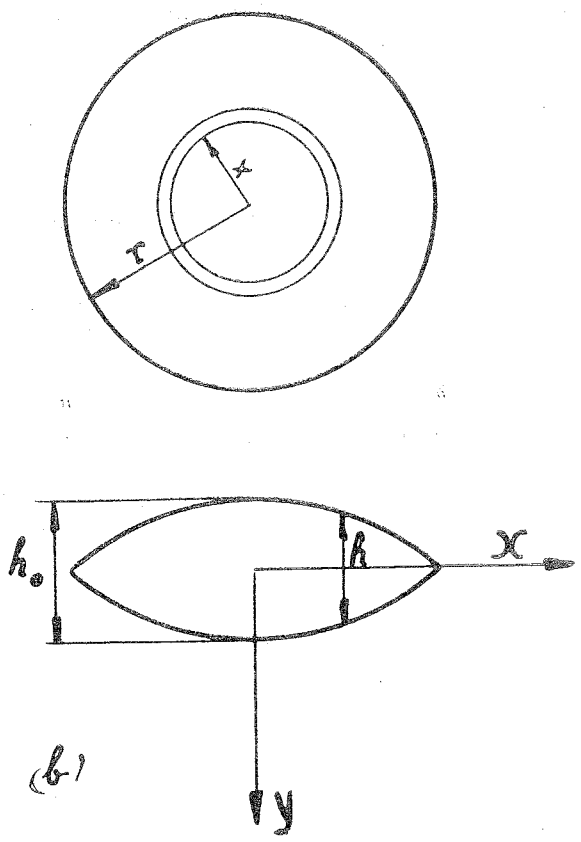
$$n = 4{,}38\, \frac{R}{l^2}\sqrt{\frac{Eg}{\gamma}}$$

Sa brojem parametra uzetih u izrazu za y povećava se i tačnost riješenja. Ritzova[2] metoda može se upotrijebiti ako je promijena presijeka prekidna funkcija.

[2] Osnovni broj titraja za klin nalazi se u udžbeniku S. Timošenka: »Kurs Teoriji Uprugosti«. Petrograd 1916. str. 228.

2. Ploče.

Pomislimo si ploču promjenljive debljine (vidi sl. b), koja je simetrična obzirom na središte, kod koje je debljina h funkcija udaljenosti r od središta ploče. Neka je ta ploča na kraju upeta.



Da odredimo broj vlastitih titraja primijenit ćemo princip virtuelnih pomaknuća dodavanjem sile inercije. To nas dovodi na jed.

$$\delta V + \int_0^r \delta y \, \frac{2\pi x \, dx \cdot h \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \qquad (1)$$

Ovdje nam h znači debljinu ploče. Ostale se oznake vide u slici (b).

Neka je $y = X \cos nt$, gdje $X = f(x)$ to jed. (1) daje

$$\delta V - \int_0^r \delta y \cdot \frac{2\pi x \, dx \cdot h \cdot \gamma}{g} \cdot n^2 X \cos nt = 0$$

ili

$$\delta \left[V - \frac{n^2 \pi \cdot \gamma}{g} \int_o^r h \cdot x \cdot dx \cdot y^2 \right] = 0 \qquad (2)$$

Uzmimo u specijalnom slučaju takovu ploču, kod koje se krutost mijenja po lincarnom zakonu

$$C = C_0 + C_1 x = C_0 \left(1 + \frac{C_1}{C_0} x\right) = C_0 (1 + k x)$$

Gdje je $C = \frac{E h^3}{12 (1 - \sigma^2)}$, a krutost u sredini $C_0 = \frac{E h_0{}^3}{12 (1 - \sigma^2)}$

U tome se slučaju debljina ploče h mijenja po zakonu

$$h = h_0 \sqrt[3]{1 + k x}$$

Potencijalna energija za elemenat pravokutne ploče glasi:

$$d V = \frac{C}{2} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 - 2 (1 - \sigma) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx\, dy$$

gdje w znači progib ploče.

Da možemo taj izraz upotrijebiti u našem slučaju, moramo ga transformirati u polarne koordinate.

U polarnim koordinatima glasi:

$$d V = \frac{C}{2} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} \right)^2 - 2 (1 - \sigma) \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} \cdot \frac{d^2 w}{\partial r^2} \right] \right\} r\, d\, r\, d\, \Theta$$

ili

$$d V = \frac{C}{2} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right)^2 + \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial w}{\partial r} \right)^2 + \frac{2 \sigma}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right\} r\, d\, r\, d\, \Theta$$

Želimo li tu formulu primijeniti na naš slučaj, to moramo w zamijeniti sa y a r sa x. Za krutost znamo, da se mijenja po zakonu $C = (Co + C_1 x)$, dakle će jednadžba (2) poprimiti oblik:

$$\delta \left[\pi \int_o^r (C_0 + C_1 x) \left\{ \left(\frac{d^2 y}{d x^2} \right)^2 + \frac{1}{x^2} \left(\frac{d y}{d x} \right)^2 + \frac{2 \sigma}{x} \cdot \frac{d^2 y}{d x^2} \cdot \frac{d y}{d x} \right\} x\, d\, x - \right.$$

$$\left. - \frac{n^2 \pi \gamma}{g} \int_o^r h \cdot x\, d x \cdot y^2 \right] = 0$$

Riješenje ove jednadžbe svodi se analogno kao i kod koničnog štapa na riješenje ekstremnih vrijednosti integrala, koji se nalazi u uglatoj zagradi. U tu ćemo svrhu za y uzeti približan izraz u obliku reda

$$y = a_1 (r^2 - x^2)^2 + a_2 (r^2 - x^2)^3 + \cdots$$

Taj red odgovara uvjetima na kraju. Pošto je naša ploča na kraju upeta, to mora za $x = r$ biti $y = 0$ i $\frac{dy}{dx} = 0$. Jednostavnosti radi uzmimo samo prvi član reda, t. j. uvrstimo u gornji izraz $y = a_1 (r^2 - x^2)^2$

$$\pi \int_o^r (C_0 + C_1 x) \left\{ \left(\frac{d^2 y}{d x^2} \right)^2 + \frac{1}{x^2} \left(\frac{d y}{d x} \right)^2 + \frac{2\sigma}{x} \cdot \frac{d^2 y}{d x^2} \cdot \frac{d y}{d x} \right\} x \, d x -$$

$$- \frac{n^2 \pi \cdot \gamma}{g} \int_o^r h \, x \, d x \, y^2 = \mathrm{U} \qquad (4)$$

i učinimo derivaciju. $\frac{d U}{d a_1} = 0$

Prvi integral jed. (4) odgovara potencijalnoj energiji okrugle ploče i svodi se supstitucijom za Poissonov koeficijent $\sigma = 0{,}3$ i $y = a_1 (r^2 - x^2)^2$ na vrijednost

$$V = 16 \, a_1^2 \, \pi \, C_0 \, \frac{2}{3} \cdot r^6 + 16 \, \pi \, C_1 \, a_1^2 \cdot \frac{49{,}6}{105} \cdot r^7$$

ili

$$V = 16 \, a_1^2 \, \pi \, C_0 \left(\frac{2}{3} + 0{,}47 \, k \, r \right) \cdot r^6$$

gdje je $$k = \frac{C_1}{C_0} \quad \frac{49{,}6}{105} = 0{,}47 \cdots$$

Ako u drugi integral jed. (4), koji nam daje izvršenu radnju uvrstimo za $y = a_1 (r^2 - x^2)^2$ a mjesto $h = ho \sqrt[3]{1 + k x}$ to dobivamo:

$$\frac{n^2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot h_0 \cdot a_1^2}{g} \left[r^8 \int_o^r x \sqrt[3]{1 + k x} \, d x - 4 \, r^6 \int_o^r x^3 \sqrt[3]{1 + k x} \, d x + \right.$$

$$\left. + 6 \, r^4 \int_o^r x^5 \sqrt[3]{1 + k x} \, d x - 4 \, r^2 \int_o^r x^7 \sqrt[3]{1 + k x} \cdot d x + \int_o^r x^9 \sqrt[3]{1 + k x} \, d x \right] \qquad (5)$$

Izraz u uglatoj zagradi jed. (5) označimo kratkoće radi sa S, te jed. (4) dobiva oblik

$$16 \, a_1^2 \, \pi \, C_0 \left[\frac{2}{3} + 0{,}47 \, k \, r \right] r^6 - \frac{n^2 \, \pi \cdot \gamma \cdot h_0 \cdot a_1^2}{g} \cdot \mathrm{S} = \mathrm{U} \qquad (6)$$

Učinimo $\frac{d U}{d a_1}$ to dobivamo izjednačivši je sa nulom

$$n^2 = \frac{16 \, g \cdot C_0 \left(\frac{2}{3} + 0{,}47 \, k \, r \right) \cdot r^6}{\gamma \cdot h_0 \cdot S}$$

pošto je $C_0 = \frac{E h_0^3}{12(1-\sigma^2)} = \frac{E h_0^3}{0{,}36}$ to je

$$n = \frac{4 h_0 \cdot r^3}{0{,}6} \sqrt{\frac{\left(\frac{2}{3} + 0{,}47\, kr\right) g \cdot E}{\gamma \cdot S}} \qquad (7)$$

Ova jed. daje osnovni broj titraja ploče promijenljive debljine, koja je na kraju upeta.

Zakon po kojem se naša ploča mijenjala glasio je

$$h = h_0 \sqrt[3]{1 + kx}$$

Označimo sa h_1 debljinu ploče na kraju t. j. za $x = r$ to je

$$h_1 = h_0 \sqrt[3]{1 + kr}$$

Ako mjesto k uvrstimo $\frac{\lambda}{r}$ to nam je

$$h_1 = h_0 \sqrt[3]{1 + \lambda} \quad \text{ili} \quad \left(\frac{h_1}{h_0}\right)^3 = 1 + \lambda$$

Pošto je $h_1 < h_0$ to je $\lambda < 1$ i negativan broj.

Slijedeća tabela nam daje različite vrijednosti za λ kod različitih presijeka.

λ	0	−0,5	−0,8	−0,9	−1
$\frac{h_1}{h_0}$	1	0,8	0,6	0,1	0

Supstitucijom $k = \frac{\lambda}{r}$ prelazi jed. (7) u zgodniji oblik

$$n = \frac{4 r^3 h_0}{0{,}6} \sqrt{\frac{\left(\frac{2}{3} + 0{,}47\ \lambda\right) \cdot g \cdot E}{\gamma \cdot S}} \qquad (8)$$

Vrijednost od S' dobivamo, ako integriramo u izraz u uglatoj zagradi (5)

$$S = \frac{r^{10}}{235{,}835.600\ \lambda^{10}} \Big[(1+\lambda)^{\frac{4}{3}} (5{,}474.304\ \lambda^9 - 1{,}096.902\ \lambda^8 - 18{,}609.912\ \lambda^7 + 9{,}247{,}608\ \lambda^6 + 26{,}556.984\ \lambda^5 + 12{,}124.728\ \lambda^2 + 4{,}251.528\ \lambda - 3{,}188.646) + (25{,}268.100\ \lambda^8 - 41{,}983.920\ \lambda^6 + 37{,}288.350\ \lambda^4 - 17{,}084.844\ \lambda^2 + 3{,}188.646) \Big]$$

Radi kontrole možemo iz naše jednadžbe za ploču promijenljive debljine dobiti osnovni broj titraja za ploču konstantne debljine tako, da u formulu (8) uvrstimo za $\lambda = 0$ ili u jed. (6) uvrstimo za $k = 0$. U tom slučaju izraz S' u jed. (5) dobiva vrijednost $\frac{r^{10}}{10}$ a jed. (6) poprimi vrijednost

$$16\, a_1^2\, \pi \cdot C_0 \frac{2}{3} \cdot r^6 - \frac{n^2\, \pi \cdot \gamma \cdot h^0\, a_1^2}{g} \cdot \frac{r^{10}}{10} = U$$

Diferenciramo li tu jednadžbu po a_1 te njezinu derivaciju izjednačimo sa ništicom, dobivamo:

$$n^2 = 106{,}66\, \frac{C_0 \cdot g}{h_0 \cdot r^4 \cdot \gamma}$$

Učinimo li slijedeće supstitucije:

$$\frac{\gamma}{g} = \delta\,,\; C_0 = \frac{E\, h_0^{\,3}}{12\,(1 - \sigma^2)}$$

a mjesto h_0 pišimo h, jerbo je debljina konstantna, to dobivamo izraz za osnovni ton za p l o č u k o n s t a n t n e d e b l j i n e, koja je upeta na kraju

$$n = \sqrt{106{,}66}\, \cdot \frac{h_0}{r^2} \sqrt{\frac{E}{12\, \delta\, (1 - \sigma^2)}}$$

Do iste bi formule došli, ako u jed. (8) uvrstimo za $\lambda = 0$ a za $S' = \frac{r^{10}}{10}$ samo bi ga morali nešto transformirati, da dobijemo posljednju jednadžbu.

ZUSAMMENFASSUNG.

Über eigene oder freie Schwingungen der Stäbe oder Platten mit veränderlichem Durchschnitte.

Es wird gezeigt wie man, den Grundton für Stäbe und Platten veränderlichen Querschnitts mit der Ritzschen Metode finden kann.

Troškovi armirane betonske ploče i dozvoljeno naprezanje betona.

(Prilog ekonomičnom dimenzioniranju armiranih betonskih konstrukcija.)

Milan Čalogović.

Trošak armirane betonske ploče sastoji se iz:

1. troška betona
2. „ željeza
3. „ oplate.

Ako su za jedan kvadratni metar armirane betonske ploče potrebne količine: betona **B** u m^3, željeza **Ž** u kg i oplate O u m^2, a cijene: betona β za m^3, željeza ξ za kg i oplate ω za m^2, onda je ukupni trošak

$$T = B\beta + Ž\xi + O\omega$$

Tražeći minimum tog troška možemo izlučiti sve što se ne mijenja, dakle $O\omega$ i od betona onaj dio što se nalazi između vlačenog željeza i vlačenog ruba ploče, jer je u svakom slučaju potreban za pokrivanje željeza, a može se uzeti, da je za običajne debljine ploče stalan.

Treba dakle da nađemo minimum izraza:

$$T' = B'\beta + Ž\xi \qquad (1)$$

Željezo se mora providiti na krajevima sa kukama, mora se voditi preko ležaja, a kod kontinuiranih ploča radi negativnih momenata na ležajima provesti na suprotne strane ploče i u susjedna polja, — stoga je faktična količina potrebnog željeza veća od one što nam ju daje statički račun. To povećanje iznaša ako uračunamo i potrebna razdjelna željeza u poprečnom smjeru do 120%, poprečno 40%.[1]

Statički račun nam daje potrebnu površinu presjeka željeza **iž** u cm^2, pa ako hoćemo u račun uvesti potrebnu težinu željeza **Ž** u kg, moramo od površine presjeka **iž** preći na težinu **Ž** po slijedećoj formuli:

$$Ž = fž \cdot 0{\cdot}785 \cdot 1{\cdot}4 = 1{\cdot}1\, fž$$

gdje je faktor 1·1 srednja vrijednost ako je povećanje količine željeza 40%, dok je krajna vrijednost 1·7 odgovarajuća povećanju za 120%.

Umjesto jednadžbe 1) možemo dakle pisati, — ako pod h' razumijevamo debljinu betonske ploče od vlačenog željeza do tlačenog ruba betona:

$$T' = h'\beta + 1{\cdot}1\, fž\xi$$

[1] Vidi Röhr, Eisenverbrauch und Witschaftlichkeit im Eisenbetonbau 1930., strana 4.

Znamo da je:

$$h' = r\sqrt{\frac{M}{b}} \qquad \text{i} \qquad f\check{z} = t\sqrt{Mb} = t\,b\sqrt{\frac{M}{b}}$$

t. j. za $b = 100\ cm$

$$h' = r\sqrt{0{\cdot}01\,M} \qquad \text{i} \qquad f\check{z} = 100\,t\sqrt{0{\cdot}01\,M}$$

dakle je

$$T' = r\sqrt{0{\cdot}01\,M}\,\beta + 110\,t\sqrt{0{\cdot}01\,M}\,\xi$$

ili

$$T''' = r\beta + 110\,t\xi$$

Koeficijenti r i t ovise samo od naprezanja σ_b i $\sigma_{\check{z}}$ i $n = \frac{E_{\check{z}}}{E_b}$ te iznašaju:

$$r = \frac{\sigma_{\check{z}} + n\,\sigma_b}{n\,\sigma_b}\sqrt{\frac{6\,n}{3\,\sigma_{\check{z}} + 2\,n\,\sigma_b}}^{2}$$

$$t = \frac{\sigma_b}{2\,\sigma_{\check{z}}}\sqrt{\frac{6\,n}{3\,\sigma_{\check{z}} + 2\,n\,\sigma_b}}^{2}$$

Ako se ograničimo na kod nas običajno $n = 15$ i $\sigma_{\check{z}} = 1200\ \text{kg/cm}^2$ onda je

$$r = \frac{80 + \sigma_b}{\sigma_b}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}$$

$$t = \frac{\sigma_b}{2100}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}$$

i

$$T''' = \frac{80 + \sigma_b}{\sigma_b}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}\,\beta + \frac{110\,\sigma_b}{2400}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}\,\xi$$

U ovoj jednadžbi dobili smo izraz za troškove, ovisan jedino od σ_b i od cijena betona i željeza β i ξ.

Ako uvedemo $\gamma = \frac{\xi}{\beta}$ možemo pisati:

$$T''' = \frac{T''}{\beta} = \frac{80 + \sigma_b}{\sigma_b}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}} + 0{\cdot}046\,\sigma_b\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}\,\gamma \qquad (2)$$

Minimum troškova dobijemo za onaj σ_b za koji je $\frac{d\,T'''}{d\,\sigma_b} = 0$.

Riješeno toga dovađa do jednadžbe trećeg stepena za σ_b što je za upotrebu nepraktično.

Iz jednadžbe 2) vidimo da se $\mathbf{T'''}$ sastoji iz dva dijela čiji zbroj daje $\mathbf{T'''}$. Ako narišemo za različite γ krivulje $\mathbf{T'''}$ (na slici označene sa $\mathbf{B + \check{Z}}$), i posebno krivulju prvog dijela (na slici označena sa $\mathbf{B}$) i krivulje drugog

[2] Vidi: M ö r s c h, Der Eisenbetonbau I. sv., V. izdanje, strana 263.

dijela za različite γ (na slici označene sa Ž) — sve za ona σ_b koje praktično dolaze u obzir (između 30 i 100 kg/cm^2) to vidimo, da su minimi za (B + Ž) t. j. za T‴ skoro točno na mjestima gdje je **B = Ž.** (Vidi sliku.)

Dakle gdje je

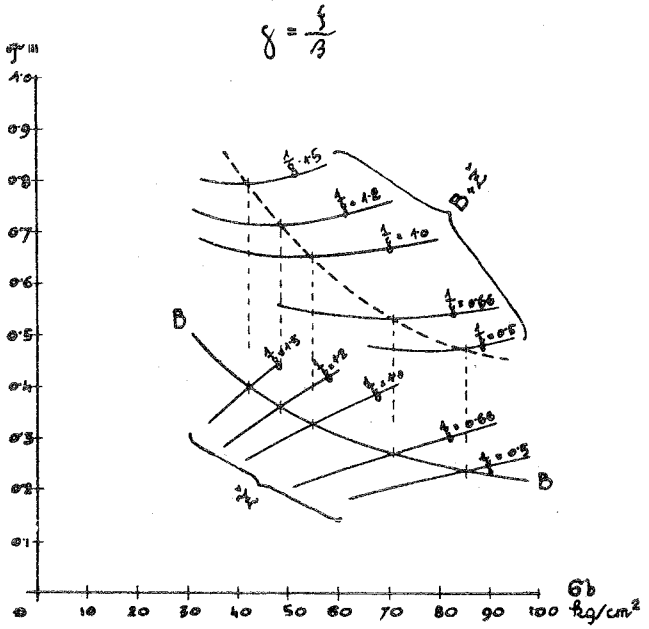
$$\frac{80 + \sigma_b}{\sigma_b}\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}} = 0{\cdot}046\,\sigma_b\sqrt{\frac{3}{120 + \sigma_b}}\,\gamma$$

ili

$$80 + \sigma_b = 0{\cdot}046\,\sigma_b^2\,\gamma$$

Iz ove jednadžbe možemo dobiti σ_b kod kojega je T‴ minimum mnogo brže, naime

$$\sigma_b = \frac{1}{\gamma}\left(10{\cdot}9 \pm \sqrt{119 + 1744\,\gamma}\right)$$



Za naše prilike na pr. može se uzeti, da je poprečna cijena betona 350 Dinara za m^3 t. j. $\beta = 3{\cdot}5$, a željeza $\xi = 4{\cdot}2$ Dinara za kg, dakle

$$\gamma = \frac{3{\cdot}2}{3{\cdot}5} = 1{\cdot}2$$

pa je

$$\sigma_b = 48{\cdot}5\ \text{kg/cm}^2$$

Uspoređivanje ovako dobivene vrjiednosti za σ_b sa točnom vrijednosti, koje se dobiva derivacijom T‴ prama σ_b daje za $\gamma = 1{\cdot}2$ pogrešku od 6·5%,[3] koja pogreška ostaje unutar granica mnogobrojnih ostalih netačnosti naših praktičnih formula za dimenzioniranje.

[3] Ovaj uspoređujući račun obavio je priv. docent Dr. Vl. Vranić.

Vidimo, da je arm. betonska ploča, kod gornjih cijena betona i željeza — dakle za naše prilike — i ako je željezo iskorišćeno sa $\sigma_b = 1200\ kg/cm^2$ onda najjeftinije, ako je beton iskorišćen sa $\sigma_b = 48{\cdot}5\ kg/cm^2$.

Kako je međutim krivulja troškova (vidi sliku) u blizini minima jako plosnata, to je praktično trošak samo neznatno veći, ako se dimenzionira sa $\sigma_b = 45\ kg/cm^2$, — čime je dokazano, da kod gornjih cijena željeza i betona, — dakle za naše prilike — kod nas običajno dozvoljeno naprezanje za beton $\sigma_b = 45\ \mathbf{kg/cm^2}$ daje baš minimum troškova.

Za graničnu vrijednost povećanja količine željeza od 120% dobijemo $\sigma_b = \mathbf{37\ kg/cm^2}$.

Tom se slučaju približujemo kod kontinuiranih ploča. Vidi se dakle, da je uputno kod njih ne izrabljivati dozvoljena naprezanja betona, što u ostalom i iz drugih razloga kod kontinuiranih ploča — rebrastih ploča — ne činimo.

U Njemačkoj su troškovi betona poprečno 42 marka za m^3, a željeza 0·28 maraka za kg, prama tome je $\gamma = 0{\cdot}67$ pa za σ_b dobijemo 70·5 kg/cm^2.[4]

Stoga je u Njemačkoj iz ekonomskog razloga opravdana upotreba boljeg betona — što ga postizavamo ili dodavanjem veće količine cementa ili uporabom cementa veće čvrstoće — dok to kod nas iz tog razloga kako se iz gornjega vidi nije opravdano.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Kosten einer Betonplatte und die zulässige Betondruckspannung.

Es wird für armierte Platten eine Beziehung zwischen den Kosten und der Betondruckspannung aufgestellt und daraus eine Formel für σ_b gefunden, bei welchen das Minimum der Kosten bei vorausgesetzter Eisenmassenzahl, Einheitspreisen von Beton und Eisen und Eisenzugspanung eintritt. Für die Verhältnisse in Jugoslavien ist dies $\sigma_b = 48\ kg/cm^2$, für Deutschland 70 kg/cm^2.

[4] Razlika izmedju točnog σ_b i ovog iznaša u ovom slučaju 9%.

Moderna arhitektura.*

Ć. M. Iveković

Kako je građevno umjeće (arhitektura) bilo od vajkada najvjernije zrcalo prosvjete svakoga doba i svakoga naroda bez iznimke, tako je ono i još dandanas isto takovo zrcalo, u kojemu se zrcali ne samo razvoj i visina prosvjete, već i duh najnovijega doba. Samo je velika razlika u razvoju koncepcije dosadanjih arhitektonskih objekata od današnjih. Dosele je uvjeke građevno umjeće nastalo iz potrebe bez ikakovih drugih pretenzija, dok se danas isto hoće nametnuti ne samo pojedincima, već i čitavome svijetu. Dosele se je građevno umjeće postepeno razvijalo iz samoga sebe, upotrebljavajući pri tome iskušane motive i građevna sredstva i malo po malo oslanjajući se na životne potrebe usavršavalo, dok nije bio postignut vrhunac razvoja. Moderna arhitektura pako nasuprot polazi sa sasma drugog stanovišta; ona hoće da nametne svakomu svoje ideje, koje su u velikoj protivštini sa svim onim, što bijaše dosele priznato. Kako navedeno, dosele se arhitektura razvijala iz samoga sebe, obazirajući se uvjeke samo na potrebe i na postignuta iskustva i tako je nastala kao glavna srž ovog razvoja t r a d i c i j a. Danas se polazi sa sasma protivnog stanovišta: Danas se ide za tim, da se izbriše svaka tradicija i da na ovaj način postane nešta sasma novoga, da se uskrisi jedna građevna umjetnost, koja neima ništa zajedničkoga niti sa prošlošću a niti sa tradicijama, pa bile one i najveličanstvenije i najsavršenije. Kako je bio dosele uzor jednome arhitektu ljepota u tradiciji, to je sada u mjesto toga postao uzorom najprostiji oblik bez ikakovog traga ljepoti — oblik, koji se može oživotvoriti i načiniti od svakoga, svagdje i u svakoj tvornici! Dosele bijaše glavni princip građevnog umjeća: Individualnost, a sada je: Kolektivnost! Dosele bijaše jedna od najglavnijih zadaća svakoga arhitekta, da je stvorio djelo, koje bi imalo zorno prikazati ne samo imućstvo i moć vlastnika, već da prikaže i za daleke budućnosti ono, čime se odlikovaše posjednik dotičnog objekta. Danas je sasma nešta protivnoga stavljeno za cilj svakome arhitektu: On ne smije ništa posebnoga stvarati jer ide se za time, da se napokon postigne cilj, da svi ljudi bez razlike m o r a j u s t a n o v a t i j e d n a k o i da ne smije biti nikakove razlike između pojedinaca. — Tradicije dakle najveće su protivštine modernom arhitektu, te se radi toga moraju brinuti i država i sve institucije, da se odstrani svaki, pa bio to i najmanji upliv prošlosti; tko pokazuje i najmanji trag tradicije, taj je već unaprijed anatemisan!

Budući su pako sve škole dosele polazile za ciljem, da podaju slušateljima i učenicima svojim što bolju i što obširniju povjestnu naobrazbu, a napose pako u proučavanju arhitektonskih oblika, to se sada polazi u smislu novoga duha za ciljem, da se sve slično odstrani iz nauke i da

* V. str. 896.

svaki slušač i učenik sam i zasebice potraži one oblike, koji mu se pričinjaju, da najbolje odgovaraju njegovoj svrsi. Kako pako neima u tom pogledu ništa još ustaljenoga i nije još došao prorok ili spasitelj, koji će riješiti ta važna pitanja i spasiti te stotine nadobudnih od uzaludne potražnje novijih oblika, to se je jednostavno proglasila potpuna g o l o t i n j a k a o n a j v e ć e s a v r š e n s t v o m o d e r n e a r h i t e k t u r e.

Imade i njekolicina njih, koji se ipak žacaju proglašivati tu golotinju za najveću umjetnost, to se onda ovakovi hvataju kojekakovih ishitrenih doskočica kao na pr. »Nova arhitektura mora se strogo pokoravati principu ekonomije« i zato netrpi nikakovih ukrasa. — Ili: »Nova arhitektura mora biti higijenska: — treba postići maksimum zraka, svjetlosti, zračenja, čistoće (praviti glatke površine stijena i podova, jer se lasno čiste),« — I mnogo takovih ili sličnih.

Radi toga ne će biti zgorega, ako se doslovce iznesu ta nova načela i ovi novi programi, koji su usvojeni od skoro svih mladih i kojima na čelu kod nas stupa grupa mladih arhitekata u Zlatnome Pragu a koji program sadrži — po njihovom sudu — principe današnjih najvećih arhitekata Evrope i Amerike (?):

» — N o v a a r h i t e k t u r a m o r a d a o d g o v a r a d u h u v r e m e n a i p o t r e b a m a ž i v o t a. Smisao naše epohe, koja je epohom mašinske produkcije i usavršene tehnike, je u racionalnoj organizaciji cjelokupnog ljudskog rada. Metoda stvaranja nove arhitekture za nas je analogna metodama moderne mehaničke produkcije. Ona se pokorava istim racionalnim zakonima ekonomije i matematskog (?) reda. Prema tome, dobro građeno djelo mora sadržavati iste funkcije kao dobra mašina: ono treba savršeno da zadovolji zahtjevima koji se na njega stavljaju sa maksimumom preciznosti, sa minimumom ekonomije u materijalu i u njegovoj potrebi. Mašina pak, koja je pionir napretka, mora producirati samo moderne vrijednosti.

Današnji arhitekt mora posjedovati vrlo razvijenu socijalno osjećanje. Stvarati estetičke vrijednosti na štetu socijalnih isto je što i zločin. Svaka građevina pravljena samo za puko estetičko uživanje, predstavlja oštećivanje društva kao cjeline. Arhitekturi je, prije svega cilj, da poboljša i unapredi opće uslove života; da nastoji kako zdrav i udoban stan ne bi bio privilegij samo izvjesnih pojedinaca; da usavrši konstrukciju svih zgrada gdje čovjek živi i radi.

Arhitekt mora savršeno poznati život sa svih njegovih strana; on mora biti njime prožet. Arhitekt je inženjer u smislu organizatora rada i života. On mora da shvati i da razumije i one oblike života, koji su u stvaranju; organizovati njih i dati im svojim djelom osnov buduće egsistencije. U tome mora ići pred svojim vremenom. Pošto je njegov rad organizatorski, arhitekt svojim rezultatima utiče i na organizaciju društva.

N o v a a r h i t e k t u r a m o r a s e s t r o g o p o k o r a v a t i p r i n c i p i m a e k o n o m i j e. To je zapravo, njen ekonomski i socijalni cilj. Ekonomija u konstrukciji, upotrebi materijala, instalaciji; ekonomija u iskorišćivanju vremena, energije, mjesta, topline i t. d. Sve to, prirodno, iziskuje naučnu analizu potreba i zahtjeva, mehanizaciju produkcije, primjenu novih materijala i konstrukcija. Treba se služiti novim metodama koje dovode do normalizacije, tipizacije, standardizacije. Nove zadatke treba riješavati naučno: matematički ,empirički, statički i sociološki.

Nova arhitektura mora biti higijenska: progresi higijene i medicine treba da diktiraju dispoziciju, gradnju i principe urbanizma; sve treba raditi u interesu zdravlja ljudstva. Treba postići maksimum uzduha, svjetlosti, ventilacije, čistoće (praviti glatke površine stijena i podova, jer se lako čiste).

Pošto mehanička produkcija neprekidno usavršenje tehničkih postupaka mijenjaju materijalne uslove građenja, nova arhitektura ne može priznati tradiciju ni u oblasti konstrukcije, ni u oblasti spoljašnjeg izgleda.

Nova arhitektura biti će međunarodna više nego bila koja u historiji, jer moderna saobraćajna sredstva omogućuju sveopću upotrebu standardnih materija, i tehnički pronalasci civilizacije postaju brzo općim dobrom. Razvijajući se iz strogo naučnih pretpostavaka, nova arhitektura isticati će jedinstvo pomoću kojega će se doći do stila naše epohe«.

Iz ovoga slijedi, da će novi stil tekar doći i da ga mi još nemamo. Da se ovo postigne, davaju se propisi, po kojima će se moći udovoljiti tim novim zahtjevima. Valjalo bi dakle ove propise malko iz bližega pogledati i proučiti, u koliko se razlikuju od onih zahtjeva, koji su bili temeljem dosadanjih oblika i koncepcija.

Prije svega valja ustanoviti, da je glavni sadržaj ovih zahtjeva izrečen odmah na početku u izreci: — »Nova arhitektura mora da odgovara duhu vremena i potrebama života!« Ovaj je zahtjev tako star, kao što je staro i čovječanstvo, dakle nije ništa novoga. Svako je naime doba, dapače i svaki pojedinac gradio onako, kako mu bijaše potrebito i kakav je duh vladao u ono doba. Ovo je dakle nešto, što se samo po sebi razumije i što će vrijediti i za sva buduća vremena. Pita se samo ovdje, kakav je to duh vremena i kakove su to životne potrebe? — Evo ovdje se već nalazimo na raskršću!

Da se može na ova pitanja nepristrano odgovoriti, moramo najprije znati, čemu će služiti onaj objekt, koji se kani graditi. U odgovoru na ovo pitanje leži ujedno i odgovor. — Objekti mogu biti samo dvovrstni: Javni ili privatni. Objekti, ili bolje gradnje koje služe u javne svrhe, kojima se dakle služi manja ili veća množina ljudi, moraju se sasma drukčije graditi, nego li one gradnje, koje služe samo jednoj osobi i za privatne svrhe. Crkva, kazalište, burza, vijećnica, i slične gradnje imadu dakle sasma drugu svrhu, nego li kuće za stanovanje, tvornice, skladišta i slične. Moraju imati dakle i sasma drugu koncepciju a i sasvim drugu osnovku. Kod javnih zgrada, a osobito kod bogoštovnih, koncepcija počiva na tradiciji i ne bi se dakle smjeli kod istih upotrebljavati oni oblici, koji nemaju tradicije; jer takova bi gradnja promašila svoju svrhu. Ako i vanjština bi možda odgovarala modernim pojmovima, ali koncepcija ne može nikako da odgovara duhu vremena. — Koja je vjeroispovjest od danas? — Da za bogoštovne zgrade ne mogu služiti ishitreni motivi, najbolje dokazuje povjest novije arhitekture; jer nijedna bogoštovna zgrada podignuta u novije doba, pa služila ona kojoj mu drago vjeroispovjesti, ne odgovara potpuno svojoj namjeri. Eno sve do današnjeg dana kod crkvenih gradnja nije se moglo u renaisansi naći nešto, što bi odgovaralo kršćanskom duhu; sve je to gomilanje kojekakovih motiva, koji su samo silomice vezani međusobno. Niti Il Gesú, koja je crkva ipak jedna od najkršćanskijih, ne odgovara posvema tom duhu; jer se sastoji kao što i sve ostale od množine raznih motiva a jezgra

koncepcije je poganska! Nova arhitektura može dakle služiti samo za one objekte, koji odgovaraju i novim potrebama.

Po ovome bi dakle bili isključeni svi novi oblici kod javnih zgrada, akoprem se sada grade? — Podnipošto! To ne bi bilo niti dobro a niti pametno. U novijim zgradama moraju se upotrebljavati i noviji načini konštrukcije, a osobito se ne mogu mimoići betonske konštrukcije. Kako do sele nijesu bile poznate a radi toga niti upotrebljavane u gradnjama, to se nijesu mogli niti razviti stanoviti oblici, koji bi odgovarali samo ovim betonskim konstrukcijama. Istina, pod konac rimskoga carstva uvele se donjekle slične konstrukcije u graditeljstvu i ove bijahu uzrokom raznih odgovarajućih oblika, ali ove klasične konstrukcije imadu samo donjekle sličnost sa modernima i radi toga ovi klasični oblici ne mogu se upotrebljavati kod modernih. Jer srž ovih klasičnih konstrukcija bijahu opeke, koje su se umećale u stanovitim oblicima za pojačanje konštrukcije, dok je u današnjim konstrukcijama tu srž preotelo gvožđe. Ista svrha, ali sasvim druge posljedice! Klasične betonske konstrukcije. — ako se tako smije nazvati konstrukcija, koja počiva na istim principima, — imale su za posljedicu arhitekturu prostora; jer se tada čitava građevna umjetnost obazirala samo na nutarnjost građevina i potpuno zanemarila vanjštinu, to se za sada još ne može reći, kakove će posljedice imati ove moderne betonske konstrukcije.

Kako se iz ovoga vidi, gradila se danas ma bilo kakova zgrada i u kakovome goder tradicionalnome slogu, ona će ipak u glavnom nositi na sebi biljeg ovoga doba i pokazivati na onaj stepen prosvjete, do kojega je moderna tehnika doprla. Jer nitko pametan, a najmanje pako arhitekta, koji nosi tolike odgovornosti ne samo prama poslodavcu i prama radnicima, već i prama čitavom općinstvu, ne će upotrebljavati ono u gradnji, što je pokazala prošlost — dakle tradicija! — da ne valja! — Ovoga radi kod svih javnih zgrada čuvalo se od onakovih novotarija, koje nijesu bile još dovoljno ispitane i prokušane. Među ovakove novotarije danas spada i betonska konstrukcija. Ta jedva je i stotinu godina stara! Dakle je relativno veoma mlada. A kako pak ne može nitko poreći stanovite prednosti ove konštrukcije kao što je to uštednja prostora, odstranjenje glomaznih i teških konstrukcija, lasna i pregledna koncepcija, to je naravno, da se je već rasprostranila po čitavome svijetu. I koliko se već savjesnih tehničara posvetilo proučavanju ove nove konstrukcije, a radi toga stvorila se već jedna opsežna i velika biblioteka ovoga područja, ali — ipak se mora i to priznati, da je sve ovo dosele bila većim dijelom samo teorija i da jošter praksa nije dokazala da ono sve stoji, što su učenjaci unapred ustanovili. Radi toga je i opravdana ona skepsa, koja jošter vlada među općinstvom i strukovnjacima, bez obzira na nasilno postupanje apostola tih modernih načina. Svemu se hoće vremena, a osobito pako građevnom umjeću; jer građevno umjeće radi za daleku budućnost a ne samo za jedan naraštaj.

Radi pogodnosti širi se brzo uporaba betonskih konštrukcija, ali ipak se mora još oprezno postupati s njima, jer je vrijeme odviše kratko od kada se isto upotrebljava a da bi se moglo već za stalno izreći sud kako o vrijednosti trajanja, tako i o vrijednosti stabiliteta ovakovih betonskih konštrukcija. Ne treba ovdje pokazivati na onu množinu teških nesreća, što su se dogodile u poslednjih nekoliko godina kod ovakovih gradnja; jer iste su posljedice više nepoštene spekulacije, nego li da bi bile posljedice slabe konštrukcije. Dakle skepsa, ili bolje oprez, je veoma

opravdan i da li imadu pravo oni koji skeptično prosuđuju ove novotarije ili ne, to može samo budućnost pokazati i ovo ne može zamijeniti niti jedna tirada a niti jedna teorija, koja počiva samo na papiru.

Ako ikada, a to su današnji arhitekti upravo primorani da štede i to veoma. Neima više krunjenih despota, koji su žrtvovali dohotke čitavih kraljevina, a da se može udovoljiti slavičnosti njihovoj. — Neima više niti Strozi-â, niti Piti-â, ili drugih bogatih kramara, koji su podizali ogromne palače samo da se proslave i prodiče. Danas stanuje i Rockfeler i Rotschild upravo onako, kao što i svaki drugi buržuj. Dapače je danas postalo pravilom, da se više niti ne grade za ovakove mogućnike posebne zgrade, već i oni obično stanuju u modernim karavanserijama, u kojekakovim hotelima, u kojima je točno izmjerena površina za svakoga pojedinca, isto tako kao što i prostor što ga okružuje. I svi ovi su zadovoljni! Zašto? — Jer danas je r a d glavno a užitak sporedan. — Z l a t n o t e l e vlada svijetom i svi se moramo pokoravati njegovim hirovima. — I Fordova najmodernija škola, kao što i ideali boljševika idu samo za ciljem, da što bolje posluže zlatnom teletu. — Ovo je znak, pod kojim mora svaki arhitekta raditi i mora dakle sa najvećom brigom nastojati, da utroši što je manje moguće. A da ovakovom zahtjevu udovolji, mora štediti na svemu: ne samo u konstrukcijama, upotrebi materijala, instalaciji, iskorišivanju vremena i prostora, mjesta, topline već i na svim ostalim i suvišnim napravama, koje su dosele važile kao zgodne, dapače i na samoj ljepoti, — dakle m o r a d a b u d e v a n r e d n o e k o n o m i č a n, ako želi da si steče klijentelu.

Nova arhitektura mora biti napokon i h i g i j e n s k a. Da se ovo postigne noviji su arhitekti veoma jednostavno riješili to pitanje: Odstranili su sve zidove i nadomjestili ih sa staklom. Otišli su u skrajni ekstrem! Ovakova zgrada, koja neima stijena, može dobro služiti skladištima, recimo automobila, jer se kod ovakovih sa staklom uštedi ujedno namještaj skupocjenih izloga. Ali da bi ovakova zgrada mogla praktično služiti za urede ili za stanove, to je više nego li nevjerojatno. Tko će ili može uredovati na ulici? Ili tko će stanovati tamo, gdje mu se sve vidi? — To može biti kaprica ili pasija, koja je tako kratkotrajna kao što i naš život, ali da bi to moglo biti »r a z u m i j e v a n j e« onih oblika života, koji su u stvaranju, u to ne može — barem za sada — se vjerovati.

Napokon da se reče još nešto i o estetici, koja je po gornjim navodima z l o č i n i o š t e ć i v a n j e d r u š t v a. Govorilo se o estetici koliko i kako mu drago, ipak se mora nepristrano ustanoviti, da je glavni temelj estetike u arhitekturi (u građevnom umjeću), o n o s v a k o m e č o v j e k u p r i r o đ e n o č u v s t v o, k o j e b i m o g l i o z n a č i t i s a č u v s t v o m s j e g u r n o s t i. Ovo je čuvstvo, kako je poznato, prirođeno svakome pojedinome čovjeku i nijedna filozofija ni smicalica ne može ovo čuvstvo niti umanjiti, a nekmoli ugušiti. U ovom pogledu služi kosi toranj u Pizi vanrednim primjerom. On već stoji stotine i stotine godina, stalan je i čvrst, pa ipak na svakoga djeluje neugodno, kada se uspinje na njega. Koso je, a ova kosina djeluje neprijatno, jer nije naravna! — Ovako isto djeluje i jedan balkon, koji iskače od zida, svoje potpore — recimo za šest ili više metara a imademo samo ploču debelu deset centimetara a bez ikakove je potpore! Tko će prolaziti ispod njega, ili tko bi pošao na njega, ako znade za dimenzije istoga? Teško ako bi se našao čovjek i to najlahkoumniji, koji bi ovo i pokušao samo! A ovakovih čudovišta imade najnovija arhitektura množinu i upravo radi toga

otklanja općinstvo sve ovakove pokušaje. Ta prije svega hoće čovjek da u miru i sjegurnosti živi i da ga ne plaše kojekakove ishitrene konštruktivne aveti i rado sve ovakovo prepušta drugima, pa bili oni radi toga i smioni i junaci. Sličan i težak dojam pravi na čovjeka i nestrukovnjaka najnovije čudovište praške arhitekture; koje gomila nekoliko spratova na tanke stupiće u prizemlju koji strše kao tanki kolci iz glatke površine, jer čovjeka hvata strah ako i samo malko dune jači vjetar. — Sjegurno su to i pouzdane konstrukcije, sve je točno proučeno i proračunano; — ali sve uzaludu, dojam nesigurnosti je uvjeke jači!

Ali niti ovo sve, kao što i sve ostalo nije ništa novoga. Neka se prouči i pregleda jedna čisto gotička građevina, pa će se vidjeti, da u njoj ne ima ni zidova ni stijena, već da sve počiva na razmjerno tankim stupićima. Ali koje li razlike! U nijednoj takovoj gradnji neoćuti se onaj dojam nesigurnosti i nestalnosti, sve izgleda kao da je uravnoteženo. Kako, zašto i na koji način, ne pita se, već je glavno onaj utisak, kojega čini ovakova gradnja na čovjeka.

Iz svega ovoga i ovdje navedenoga proizlazi, da je sve ono, što moderni arhitekti propovijedaju u suštini već veoma staro i da su to već bili i od najdavnijih davnina oni zahtjevi, kojima su morali svi arhitekti od iskona zadovoljiti, kako se to sve lijepo na svakoj starijoj zgradi ustanoviti može. I upravo radi toga, da se ne bi i opeta uvukli stari i otrcani oblici, dužnost je svakoga arhitekta, d a t e m e l j i t o p r o u č i s v e o n e p r i m j e r e, k o j e s u p o d i g l i a r h i t e k t i p r i j e n j e g a i d a k r o z o v o u v i d i o n o, k a k o i n a k o j i n a č i n u d o v o l j i o j e s v a k i p o j e d i n a c z a k o n i m a i z a h t j e v i m a, a d a n i j e p o s i z a o z a t u đ i m d o b r o m i z a t u đ o m m u k o m. Istina i danas se polazi sa stanovišta, da sve ono što se učinilo do sada da ne valja a samo da ono valja, što se sada stvara. Ali i ovako se mislilo već i davno prije, pa ipak na koncu je uvjeke došlo vrijeme pokajanja i opeta se vratilo na staro, koje je već bilo prokušano i proučeno. Dapače se onda posizalo i još dalje i gledalo se, da se uhvati sam početak, kao što na pr. poslije secesije došao je i opeta bidermajer. Koliko puta se je iza baroka započelo sa staro klasičnim oblicima? A ovoj pojavi pako je jedan veoma jednostavan razlog; — što ništa ne odgovara novijemu životu i novijemu načinu života, te radi toga svatko kuša, da uhvati barem nešto, što bi odgovaralo.

Tko nije od nas starih odahnuo, kada se pojavila secesija i anatemizirala svaki klasični oblik? Tko se nije onda čvrsto nadao, da će se napokon iz svega toga i poslije tolikih zabluda ipak naći nešto, što će odgovarati novim zahtjevima? Pa ipak su se sve ove nade izjalovile! Zašto? — Iz jednostavnog uzroka, jer se je sa akademskimi oblicima zabacilo i sve ostalo i čitava tradicija, te se nije više marilo za ono, što su vremena kroz vjekove ustalila i učvrstila. Da se i opeta ne dogodi i našim nasljednicima isto, valja se naoboružati sa temeljitim poznavanjem svih onih oblika, koji su bili ma gdje goder upotrebljavani da se ih upozna i da se znade kako je došlo do ovih i ovakovih oblika. I to ne radi oponašanja istih, već da se prouče oni temelji i razlozi, na kojima se razvili dotični oblici, da se mogu na sličnim temeljima ponovno usavršiti oni oblici, koji bi odgovarali našem životu i našim potrebama.

ZUSAMMENFASSUNG.

Moderne Architektur.

Die Architektur (Baukunst) als treuer Spiegel der Kultur spiegelt auch den heutigen Fortschritt vollkommen treu wieder. Der Unterschied zwischen der heutigen und der vergangenen Baukunst liegt nur in der Auffassung der Konzeption der architektonischen Objekte. Bis heute entwickelte sich die Baukunst aus sich selber; heute dagegen will man sie der ganzen Welt aufdrängen. Die bisherige Entwickelung baute sich nur durch die Tradition auf; heute sorgt man, dass jedwege Tradition vollkommen aufgehoben wird. Bis heute galt jedem Architekten als Ideal das Schöne in der Tradition, heute wird die vollständige Nacktheit als das höchste Ziel gepriesen. Nacktheit, welche überall und von jedem ohne weiteres fabriksmässig hergestellt werden kann. Bis heute galt die Losung für den Architekten: Individuell, heute gilt nur: Kolektivität! Heute müssen alle Leute ohne Unterschied gleich wohnen. Der Architekt darf nun nichts eigenartiges, nichts selbständiges schaffen; alles muss den Stempel einer kolektiven Baukunst tragen, deshalb wird jede Spur von Tradition am strengsten verpönt.

Es wird deshalb am besten sein, diese moderne Prinzipien, um sie kennen zu lernen, ausführlich zu besprechen.

Aus allem ist zu ersehen, dass die modernen Architekten nichts neues befolgen, sondern alles das dass auch schon von den alten Architekten und seit jener befolgt wird. Dass die Architektur dem jeweilgen Geist und jeweilgen Ansprüchen entsprechen soll ist ein uraltes Gesetz.

Nun dadurch entsteht die Frage: Was entspricht den modernen Ansprüchen? Und hier kommt man zum Scheidewege. Jedes Bauwerk ist entweder für die Öffentlichkeit, oder für den Privatengebrauch bestimmt. Die öffentlichen Bauten beruhen auf der Tradition und sie sollten dementsprechend auch gebaut werden, den das Moderne kann nur auf das Äussere sich beziehen, die Konzeption bleibt dagegen unberührt. Dass für solche Bauten besonders aber für die Kultusbauten, nicht Formen sich eignen, welche jeder Tradition entbehren, beweist als ein besonderes Beispiel die Kirche il Gesú in Rom. Es ist dieses doch die allerchristlichste Kirche und doch entspricht sie nicht dem Geiste: Es ist eine Sammlung von allerhand Motiven, der Geist ist jedoch heidnisch, wie ja überhaupt die Renaissance niemals eine Krche im christlichen Geiste gebaut hat.

Es soll aber damit nicht gesagt werden, das die neuen Formen nicht gebraucht werden sollen. Im Gegenteile man kann sie ja nicht mehr entbehren, insbesondere aber die Betonkonstruktionen. Dieselben sind aber nur noch zu jung und es haben sich deshalb die entsprechenden, diesen Konstruktionen charakteristische Formen, noch nicht entwickeln können. Es wurden zwar am Ende des römischen Kaiserreiches auch betonähnliche Konstruktionen benützt, aber diese klassische Konstruktionen haben nur Ähnlichkeit mit den modernen. Für dieselben kommen die Ziegeln an die Stelle des Eisens. Derselbe Zweck, aber welche Folgen! Aus den klassischen Betonbauten, ist die Raumarchitektur entstanden, wobei das Äussere volständig vernachlässigt wurde. Welche Architektur sich aber aus der modernen Betonkonstruktion entwickeln wird, dass können wir noch nicht wissen. Es ist selbsredend, dass man immer in dem Geiste bauen muss, in welchem sich die ganze übrige Kultur befindet. Es wird doch niemand, am wenigstens aber ein Architekt es wagen, etwas ausführen zu lassen, was die Praxis als schlecht gefunden hat! Da die Eisenbetonkonstruktionen noch sehr jung sind, es sind nicht einmal hundert Jahre seit ihrem Gebrauche vergangen, so sind dieselben, trotz einer Menge Theorien, noch nicht endgültig bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit und Solidität bestättigt. Es wird deshalb auch die Vorsicht der Fachleute, und insbesondere aber das des Publikums zu entschuldigen sein, welche sie diesen neuartigen Konstruktionen entgegen bringen.

Auch die Ökonomie wird besonders bei heutigen Bauten berücksichtigt. Es sind keine Despoten mehr vorhanden, welche die Einkünfte ganzer Länder ihrer Ruhmsucht opfern; es sind auch keine reichen Krämmer mehr, welche durch den Bau gewaltiger Paläste prunken wollen; heute wohnen Rockefeller und Rotschild am liebsten in den modernen Karavanseraien, Hotels, wo die Fläche, so wie auch der Raum genau in vornhinein für jeden gleich bemessen wird. Wir leben im Zeichen des goldenen Kalbes. Und im Dienste dieses wirken zusammen nun der Kapitalist Ford mit seiner neuesten Schule, so wie auch die roten Bolschewiken, welche für die ganze Welt nur eine Kaserne machen wollen.

Mit dem Programme die Baukunst soll hygienisch sein, gehen die modernen doch zu weit, da sie alle Wände durch Glas ersetzen wollen. Dieses kann sehr prak-

tisch für eine Automobilhandlung sein, wodurch man eben die sehr teueren Auslagen sich ersparren kann, aber wer wird, oder kann in einem solchem Amte amtieren? Oder wer wird auf der Strasse wohnen wollen? Es kann dies nur eine Passion sein, welche aber nur sehr kurz dauern kann.

Endlich noch ein Wort über die Ästhetik, welche für die modernen Bauten direkt als Verbrechen betrachtet wird. Es ist doch trotz Allem und Jedem festgestellt, dass das Fundament der Ästhetik in der Baukunst, das Gefühl der Sicherheit ist, welches Gefühl durch nicht ersetzt, geschweige den entfernt werden kann! Ein glänzendes Beispiel hiefür ist der schiefe Turm von Pisa! Er steht doch schon Jahrhunderte, ist fest und sicher, und doch wird jedem Besucher eigentümlich zum Gefühl wenn er unter dem Turme steht, oder wenn er ihn besteigen will. Die künstliche Schiefe verursacht es, da man so etwas nicht gewöhnt ist! — Dieselben Gefühle erweckt auch eine dünne Balkonplatte, welche sechs oder mehr Meter ohne Stütze über das Mauerwerk vorspringt. Und solche Kunststücke erzeugt die moderne Architektur in Menge ohne Rücksicht auf das Publikum, welches sehr ungern solche gewagte Kunststücke sieht, deshalb auch sehr gerne anderen die Tapferkeit und Kühnheit überlässt weil sie gerne sicher und sorglos in altbewährten Konstruktionen wohnt. Oder wenn man die neuesten Künste der Prager Architekten sieht, welche auf dünnen Stützen vier oder mehrere Stockwerke auftürmen, befürchtet man immer dass ein stärkerer Windstoss das ganze umwerfen würde.

Und es sind doch auch solche gewagte Baulichkeiten nichts neues. Man soll nur ein echtes gotisches Bauwerk eingehend betrachten und studieren. Auch hier sind keine Wandstützen vorhanden und die ganze Belastung ruht nur auf sehr dünnen und hohen Säulen; aber in einem solchen Baue fühlt man doch nirgends etwas wie unsicheres oder gewagtes; alles erscheint so ernst und so natürlich, das Niemanden ein Unsicherheitsgefühl überfallen wird.

Aus diesem Allen geht hervor, dass es auch in der neuer Baukunst nichts besonderes Neues gibt, und dass man in jedem älteren Gebäude etwas vorfinden kann, welches auch den modernsten Anforderungen entsprechen kann. Und jeder Architekt soll verpflichtet sein, jedes Beispiel aus der alten Zeit zu studieren um zu sehen, welche Formen und zu welchem Zwecke der ältere es verwendete, ohne dass er fremde Ideen, oder fremdes Eigentum benützt. Es ist dies besonders jetzt notwendig, wo man an der Wende steht und die Befürchtung obwaltet, dass man wieder einmal zu den so oft schon abgedroschenen Formen greiffen wird, welche noch weniger dem neuen Geiste und neuen Anforderungen entsprechen werden.

Gradnja Tehničkog fakulteta Sveučilišta kraljevine Jugoslavije.

H. Ehrlich.

Tehnička visoka škola, današnji Tehnički fakultet, smještena je od svog osnutka godine 1919. u prostorije, koje su do tada doduše služile obuci, koje velikim dijelom ne odgovaraju nikako potrebama i zahtjevima naučnog zavoda ove vrsti. Faktičnim osnutkom ove škole udovoljeno je, i ako tek djelomice, davnoj potrebi. Ma da je radi skučenih novč. prilika falio tako rekuć sav potrebni inventar i da se moralo sve od prvih početaka tek mukom i strpljenjem stvoriti, započet je uz brojan upis studenata naučni rad koji danas, nakon deset godina može da sa zadovoljstvom gleda na postignute rezultate. Kraj najtežih novčanih prilika, koje su imale posljedicu, da se nije uvijek moglo sve dati što bi se dati moralo, niveau se nastave iz godine u godinu usavršava, a broj studenata stalno raste. Sama ta okolnost dokazuje kolika je potreba da se Tehnički fakultet u Zagrebu ne samo održi u današnjem stanju, nego da se taj fakultet smjesti u prostorije, koje bi bile izgrađene i uređene prema svim savremenim i specijalnim potrebama.

Udovoljavajući najprečoj nuždi povećavao se do sada opseg prostorija postepeno, prema raspoloživom prostoru i prema danim novčanim sredstvima.

Paralelno s nastojanjem, da se na privremeni način olakša pitanje smještenja potrebnih prostorija, Savjet Tehničkog Fakulteta dotično ranije profesorski zbor Visoke Tehničke škole, poradio je neumorno oko toga, da se sagradi potpuno novi Tehnički Fakultet. To pitanje koje zbog svoje financijalne strane u današnjim prilikama u sebi sadrži ogromne teškoće, morati će se ipak ranije ili kasnije riješiti u smislu nastojanja Savjeta Tehničkog Fakulteta. U razvoju te akcije do današnjeg dana treba zabilježiti slijedeća značajna data:

Dne 23. oktobra 1923. god. održana je konferencija kod prosvjetnog odjeljenja tadanje Pokrajinske Uprave za Hrvatsku i Slavoniju u Zagrebu u svrhu definitivnog smještenja Tehničkog Fakulteta. Na toj konferenciji iskristaliziralo se, kao najbolje rješenje, da se za novi Tehnički Fakultet rezervira zemljište između realne gimnazije i gradskih kuća na t. zv. Ciglani, gdje bi taj fakultet bio podignut u formi niza međusobno povezanih paviljona, i uključio bi u svoj sklop današnju realnu gimnaziju.

Odlukom Ministarstva prosvjete PBR. 4423 od 29. aprila 1927. god. odstupljeno je Tehničkom Fakultetu za gradnju potrebno zemljište uz t. zv. Ciglanu.

Iste godine Gradsko poglavarstvo grada Zagreba osigurava zemljište uz igralište Realne gimnazije u površini od cca 2 rala i 1.300 četv. hv. u svrhu gradnje fakultetskih zgrada. To rješenje uvjetuje izgradnju dotičnih objekata do najkasnije 1. maja 1929. Pošto do ovog dana tom

uvjetu nije bilo udovoljeno, to je Gradsko poglavarstvo glede tog zemljišta stvorilo novu odluku reducirajući pri tom površinu za 1.300 četv. hv. Rok izgradnje produljen je do 1. maja 1932. Sa strane Savjeta Tehničkog Fakulteta poduzeti su međutim koraci, da se zemljište definitivno rezervira za gradnju Tehničkog Fakulteta.

Prema prvotnoj namjeri trebala je gradnja pojedinih objekata uslijediti u etapama, prema odobrenim obrocima, koji su stavljeni u budžet vanrednih rashoda u ime podizanja novih zgrada. Ministarstvo Prosvjete nije moglo osigurati u svojem budžetu dovoljne sume, koje su bile u tu svrhu potrebne.

Gospodin rektor Dr. Josip Belobrk primio je u Ministarstvu prosvjete izjavu da ne bi bilo nikakovih zapreka, da se izgradnja pojedinih ustanova izvede investicijonim zajmom, koji bi mogao eventualno i pojedini univerzitet uz povoljne uvjete sklopiti kod Državne Hipotekarne Banke, bilo kod inih novčanih zavoda. Ministarstvo prosvjete bi pak bilo spremno da osigurava u godišnjem budžetu potrebne otplatne amortizacijone sume.

U svrhu efektuiranja zajma potrebne nacrte i građevne troškovnike izrađujem ja, izjavivši da sam pripravan te predradnje obaviti o vlastitom trošku, a definitivni operat uz naknadu režijskih troškova.

Na temelju podataka primljenih od pojedinih fakultetskih zavoda i instituta sastavljen je generalni program koji je služio kao podloga generalnoj osnovi prikazanoj u ovom godišnjaku. Prema ovim podacima iznaša sveukupna potrebna površina novih zgrada 40.000 kv. m., što znači da bi ukupni trošak gradnje u potpunom opsegu, iznašao oko 40,000.000 Dinara. Današnji Tehnički Fakultet zaprema površinu od okruglo 10.000 kv. m. Münchenskoj visokoj tehničkoj školi stoji, za dvostruki broj studenata, na raspolaganje površina od 60.000 kv. m., a zajedno s gospodarskim odjelom 70.000 kv. m.

Program za osnovu gradnje predvida prema ekscerptu slijedeće prostorije s naznačenim poprečnim površinama:

Glavna zgrada (kolegij):

Zajedničke prostorije		
Soba dekana	m²	40
Predsoba	»	30
Soba direktora	»	30
Blagajna	»	60
Kancelarija i registratura	»	150
Zbornica	»	150
Predsoba	»	40
Dvorana senata	»	150
Aula	»	400
Biblioteka sa spremištem knjiga	»	600
Pedel, stanovi podvornika, centralno grijanje sa spremištem i dovozom ugljena, predvorja, hodnici, stubišta, kloseti i zidje na cijelom izgrađenom kompleksu	»	10.300

I. Arhitektonski odio.

4 risaonice za svako godište posebno	m²	500
2 dvorane za modelovanje i akt	»	200
dvorana za ornamentalno crtanje, akvareliranje i figuralno crtanje	»	100
arhitektonski (arheološki) seminar	»	50
4 predavaonice	»	400
8 soba za profesore	»	400
2 ateljera	»	200
4 sobe za asistente	»	150
spremište modela	»	100

II. Građevno-inženjerski odio.

4 risaonice za svako godište posebno	»	600
6 predavaonica	»	1.500
16 soba za profesore	»	800
4 sobe za asistente	»	150
zavod i zbirka za primjenjenu matematiku	»	50
zbirka za građevne konstrukcije	»	100
zavod za ispitivanje gradiva	»	1.000

III. Geodetsko i kulturno-inženjerski odio.

4 risaonice	»	500
2 predavaone	»	600
8 soba za profesore	»	400
2 sobe za asistente	»	100
opservatorij	»	100
šumarski odio	»	3.000

IV. Strojarsko i elektro-inženjerski odio.

6 risaonica	»	1.000
4 predavaonice	»	800
12 soba za profesore	»	1.200
4 sobe za asistente	»	150
strojarski laboratorij i zbirka	»	3.500
laboratorij za električno mjerenje	»	100
zavod za mehaničku tehnologiju	»	1.000

V. Brodograđevni i brodostrojarski odio.

6 risaonica	»	1.000
3 predavaonice	»	700
3 sobe za profesore	»	200
2 sobe za asistente	»	100

VI. Hemijsko-inženjerski odio.

4 laboratorija	»	600
4 predavaonice	»	1.500
8 soba za profesore	»	500
6 soba za asistente	»	200
8 laboratorija za profesore	»	500
zavod za hemijsku tehnologiju	»	4.000

Prema generalnoj osnovi predviđeno je, da se podigne šest samostalnih dvospratnih zgrada, koje su u parteru međusobom spojene. Svaki od ovih paviljona sadržaje osim potrebnih dvorana za predavanje, za vježbe i profesorskih soba, po jednu veliku predavaonicu s amfiteatralno poredanim klupama za slušače. Svaka od ovih dvorana povezana je s potrebnim brojem soba za pripremu, dotično s laboratorijem. Ovi paviljoni sačinjavaju dva paralelna bloka, koji svršavaju na zapadnoj strani trospratnom glavnom zgradom, gdje su smještene, osim nekih odjela, zajedničke prostorije kao aula, dekanat, biblioteka, i t. d. Veliki strojarski laboratorij smješten je u prostrani trijem, koji je konstruiran iz armiranog betona i stakla, a sačinjava vezu između četiri susjedna paviljona. Pojedini odjeli porazmješteni su u generalnoj osnovi tako, da putevi do laboratorija, dotično zavoda pojedinih odjela budu što kraći.

Šema prikazana u generalnoj osnovi dopušta unutar svog jednoličnog sistema konstruktivnih stupova slobodan raspored prostorija prema potrebama pojedinih odjela fakulteta.

U kostur od armiranog betona, pregradile bi se prema potrebi pojedine prostorije u jedno ili mnogostrukoj širini razmaka pojedinih konstruktivnih stupova, dimenzijoniranih na minimalni presjek, tako da ostaje što veća širina za danje svjetlo. U šemi predviđene su u glavnom dvije dubljine traktova i to jedna od 7.5 m i jedna od 5.5 m. Komunikacijoni hodnici široki su do 3 m, a u prizemlju teku kontinuirano duž cijelog skupa zgrada. Dubljina trakta od 7.5 m odgovarala bi za pojedine risaonice, laboratorije i manje predavaonice, dok bi profesorske sobe i nuzprostorije imale dubljinu od 5.5 m.

Centralno loženje za čitavi skup zgrada smješteno je ispod terena u dvorištu između strojarskog laboratorija i glavne zgrade kolegija. Zgrada Realne Gimnazije ostavljena je u toj osnovi svojoj današnjoj svrsi, a veći dio igrališta, koji se nalazi između oba uzdužna krila fakultetskih paviljona ostao bi i nadalje na upotrebu Realnoj Gimnaziji, a služio bi osim toga za komunikaciju između pojedinih paviljona.

Arhitektonsko djelovanje crpilo bi svoj izražaj iz ritmički poredanih građevnih masa i konstruktivno i stvarno obličenih detalja, kao i vanjskog djelovanja strukture i boje jednostavnog građevnog materijala t. j. betona, stakla i oličenog drva, dotično željeza.

Svakako bi ovakova ogromna moderna zgrada, ma da joj to nije zadnja svrha, povećala znatno važnost Zagreba u kulturnom a i u ekonomskom pogledu.

Tada bi konačno naš tehnički naraštaj našao sve preduvjete da kod kuće dobije potpunu i savremenu izobrazbu, koja bi u plemenitoj utakmici između naših triju tehničkih fakulteta dobila uvijek novu pobudu za sve veće savršenstvo.

Bilješka. Dok se ovaj Godišnjak štampao oduzeo je grad čitavo gradilište, koje je bio dao za gradnju Tehničkog fakulteta. Op. ur.

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Bau der technischen Fakultät der Universität in Zagreb.

Der Verfasser bringt sein Entwurf für den Bau der technischen Fakultät.

Načini umanjivanja aksijalne sile kod rada sa spiralnim svrdlom.

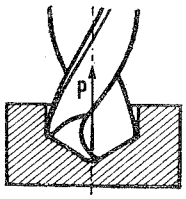
A. Šahnazarov.

Znatna mana spiralnog svrdla, tog najvažnijeg instrumenta za bušenje, jest pojava (kod bušenja metala) velike aksijalne sile P[1] (Sl. 1.), koja predstavlja komponentu otpora obrađivanog predmeta po dužini svrdla. Za svladanje ovog otpora svrdlo treba da pritište istom silom predmet. Ove sile izazivaju neugodne deformacije samog svrdlarskog stroja, obrađivanog predmeta i svrdla, od čega pati točnost obradbe, a osim toga se i samo svrdlo prije vremena troši i kvari. Stoga je potrebno ispitati ne bi li se dao ovaj nedostatak spiralnih svrdla odstraniti ili bar umanjiti.

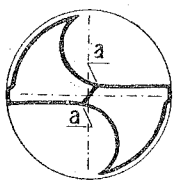
Razmotrimo li koji dio oštrice svrdla najviše prouzrokuje pojavu spomenute aksijalne sile naći ćemo na temelju pokusa,[2] da više od polovice te sile izaziva mala poprečna oštrica — aa — (Sl. 2.). Uzrok je tome lako shvatljiv ako uzmemo u obzir da je kut rezanja na toj oštrici znatno veći od 90°, tako da tu ne možemo očekivati pravo rezanje materijala već više njegovo istiskivanje. Stoga se već odavna nastojalo, da se nađe način kako da se umanji loš utjecaj poprečne oštrice.

Najradikalniji izlaz bi bio da se prije pravog bušenja probuši malenim svrdlom centralna rupa promjera nešto većeg od duljine poprečne oštrice. Pokusi dokazuju da se kod takovog »predbušenja« sila P umanjuje više nego li za polovicu. No ovaj je način nažalost dugotrajan i skup, a kod bušenja dugih rupa i teško izvediv.

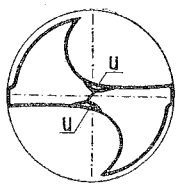
Slijedeći dosta rašireni način se sastoji u umanjenju duljine poprečne oštrice pomoću specijalnog izbrušenja dvaju malenih utora — u — (Sl. 3). Taj je način lako izvediv, ali ne daje baš osobito dobre rezultate, pa poprečno možemo računati da će se aksijalna sila umanjiti kod svrdlanja lijevanog željeza za 5—20%, a kod mekog i srednjeg čelika za 15—25%.



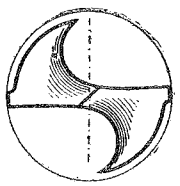
Sl. 1



Sl. 2.



Sl. 3.

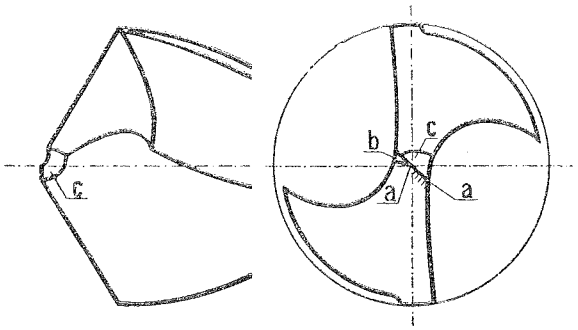

Sl. 4.

[1] Pokusima za određivanje sile P bavio se prvi Codron (Expériences sur le travail des Machines-outils), a kasnije drugi istraživači. Na temelju pokusa stvorene su bile i praktične formule za određivanje veličine ovog tlaka iz kojih najpoznatije potiču od Smith-Poliakova (Werk. Technik 1911). Kao primjer navodimo njihovu formulu za bušenje mekog lijevanog željeza, koja glasi: $Pkg = 148\ D^{0.7} . S^{0.75}$, gdje je D— dijametar svrdla u mm, a S— posmak za jedan okret svrdla u mm.

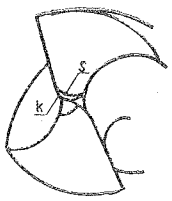
[2] Sommerfeld: Forschungsarb. d. V. d. I. Heft 161.

Imamo još konačno t. zv. Oliverov način[3], koji je poznat od lani, a sastoji se u poboljšanju uslova rezanja poprečne oštrice umanjenjem njezinog kuta rezanja pomoću posebnog izbrušenja stražnje površine svrdla (Sl. 4.). Takovo izbrušenje mora bezuvjetno da umanji aksijalnu silu, što pokusi[4] i potvrđuju; n. pr. kod bušenja čelika umanjuje se sila P za cca 25%. Nezgodna je strana tog načina da trebamo specijalni brusaći stroj.

Počevši od kraja 1927. u Zavodu za mehaničku tehnologiju se također vrše pokusi sa spiralnim svrdlima za riješenje gornjeg problema Upotrebljena su svrdla bila izbrušena s namjerom da se po mogućnosti olakšaju uslovi rezanja na poprečnoj oštrici, i to tako da je ručnim izbrušenjem utora — c — (Sl. 5.) kut rezanja kod oštrice — aa — postao jednak cca 90°. Druga je polovica poprečne oštrice jednostavno ručnim brušenjem odstranjena (faceta — b). Na taj način načinjena je od poprečne oštrice — normalno rezaća oštrica, slična onoj topovskog svrdla. Potrebno ručno brušenje ide brzo i bez osobitih poteškoća.



Sl. 5.



Sl. 6.

Sa ovakovim kao i sa običnim svrdlima bili su izvedeni pokusi u svrdlu opredjeljivanja veličine aksijalne sile i momenta potrebnog za vrtnju. Svi su pokusi bili obavljeni na dosta slabom svrdlarskom stroju (1.5 ks) spomenutog zavoda i sa posebnim dinamometrom. Uzeta svrdla bila su nova, iz brzo rezaćeg čelika i imala su slijedeće promjere: 16—20—25—26—28 i 30 mm. Kao obrađivani materijal bilo je uzeto obično lijev. željezo te pet vrsti željeza i čelika sa čvrstočom od 42 do 72 kg/mm². (nekoliko pokusa bilo je obavljeno, i sa čelikom od cca 95 kg/mm²) Maximalni posmak bio je 0,08 mm/okret.

Rezultate svih 136 pokusa možemo izraziti na slijedeći način: kod bušenja sivog lijev. željeza iznaša umanjenje aksijalne sile poprečno 42—45%, prema običnom svrdlu, dok je kod bušenja željeza i srednjeg mašinskog čelika to umanjenje bilo poprečno 47—50%.

Za ilustraciju gore navedenog prikazan je na sl. 7. grafikon jednog pokusa, a u donjoj je tabeli navedeno nekoliko pokusom dobivenih brojaka.

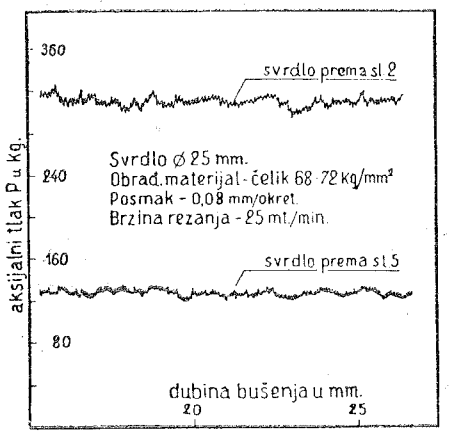
---

[3] Grathwohl — Werk. Technik 1929.

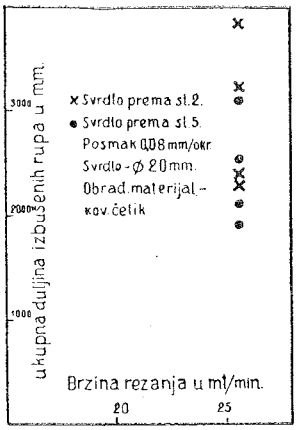
[4] Stoewer — Stock-Zeit. 1929.

Redni broj	Materijal	Dijametar svrdla	Sila P kod običnog svrdla	Sila P kod opisanog svrdla	Posmak
		mm	kg	kg	mm/okret
1	Lijev. željezo	26	260—270	140—145	0,08
2	Cr.-Ni čelik	26	460—470	220—230	0,08
3	Sp. konstr. čelilk-66 kg/mm²	26	360—370	180—190	0,08
4	Sred. mas. kov. čelik	28	230—240	110—120	0,04

Što se tiče momenta potrebnog za vrtnju svrdla, to su oni bili otprilike isti kao za obična tako i za opisana svrdla; t. j. potrošak radnje za bušenje običnim i opisanim svrdlima poprečno je jednak.



Sl. 7.



Sl. 8.

Osim pokusa sa dinamometrom bilo je još opredijeljeno vreme trajanja svrdla i to za svrdlanje maš. kov. čelika (Sl. 8) te lijev. željeza. Pokusi su bili izvedeni sa svrdlima dijam = 20 mm, a izbušene rupe su imale dubinu od 55 mm i nijesu išle kroz cijeli materijal. Dobiveni rezultati trajanja dokazuju, da opisano izbrušenje u svakom slučaju ne umanjuje trajnost svrdla.[5] Nakon ovih pokusa svrdla su bila puštena u obični rad da se ispita njihova trajnost pod običnim radioničkim uslovima. Ovaj rad koji već traje više od jedne godine dana dokazao je da kod spomenutih uslova svrdlanja trajnost opisanih svrdla ne zaostaje za onom običnih svrdla, i samo u iznimnim slučajevima prvo oštećenje nastaje baš na poprečnoj oštrici-aa (Sl. 5).

Interesantno je raspraviti pitanje o uzrocima trajnosti opisane poprečne oštrice, jer se na pogled čini dvojbenim. Najprije moramo istaknuti, da kut materijala svrdla (kut klina) uzduž oštrice — aa — ipak ne izlazi manjim od 58° t. j. većim od kuta klina na periferiji svrdla. Osim toga moramo još uzeti u obzir i malu produktivnost te oštrice jer je odgovarajuća brzina rezanja malena, pa i ugrijavanje i istrošenje poprečne oštrice, (ma da je opterećena dvaputa debljom strugotinom prema ostalim dijelo-

[5] Čini se da je za obradivanje tvrdog materijala (spomenutog čelika od cca 95 kg/mm²) zgodno nešto povećati otpornost poprečne oštrice time, da se odbrušenjem faze —s— (sl. 6) umanji njezin stražnji kut i da se zaobli šiljak —k.

vima oštrica) izađe dosta maleno. Ove činjenice donekle objašnjavaju dobre rezultate pokusa.[6]

Kod rada s opisanim svrdlima moglo bi se očekivati neki otklon — izvijanje svrdla, jer bez sumnje rezultanta vertikalnih sila — P sada više ne pada u geometričku os svrdla. U vezi sa ovim izvijanjem mogli bi očekivati i povećanje promjera svrdlane rupe. Ali kod praktičkog rada nisu bile opažene, u običnim granicama točnosti, nikakve razlike između rupa svrdlanih običnim ili opisanim svrdlom. Račun također pokazuje neznatnost ovih otklona kod upotrebljenih posmaka, pa na pr. uzevši brojke trećeg primjera iz gornje tabele (svrdlo — 26 mm) lako izračunamo da otklon vrška svrdla dugog 180 mm mora biti manji od 0,01 mm.

Razumljivo je, da rezultati pokusa izvedenih na slabom stroju s malim posmakom i relativno mekim materijalima ne daju pravo da ih generaliziramo i na obrađivanje na teškim strojevima ili obrađivanje vrlo tvrdih materijala, gdje uslovi rada mogu biti drugačiji. — Ali kao zaključak možemo ustvrditi, da kod svrdlanja, većih rupa, sa svrdlima iz brzorezaćeg čelika, na slabim (po konstrukciji) strojevima, ili kod svrdlanja slabih predmeta iz običnih materijala, može opisano izbrušenje da bude od koristi za rad.

SUMMARY.

The methods of diminishing the feed pressure in the process of boring with twist drills.

In the present paper the author first reviews the different methods of diminishing the feed pressure in the process of boring, and then gives the results of his own experiments with twist drills having the cutting lip-aa-ground according to fig. 5. The experiments were executed with low feed per revolution, up to 0,08 mm/rev., and by boring current materials. The results show that under the described circumstances of boring, the feed pressure is considerably diminished by using drills ground according to fig. 5. In the case of soft steel, for instance, the feed pressure attains but 54—50 per cent. of the pressure observed with ordinary twist drills.

---

[6] Zanimljivo je nadalje raspraviti pitanje sila, koje djeluju na ovakovu oštricu. Najbolje ćemo to ispitati na primjeru, i za ovaj primjer uzmemo pokusne brojke broj 3 iz gornje tabele. (Bušenje čelika od 66 kg/mm^2). Za odabrani slučaj sila P ne iznaša za svrdlo opisane forme više od 190 kg. Pretpostavivši, da je vertikalni tlak P rasprostranjen jednoliko uzduž svih oštrica svrdla, nalazimo da na 1 mm duljine oštrice — aa — otpada tlak od ($7_{,0}$ + $7_{,0}$) kg. Uz odabrane okolnosti rezanja možemo pretpostaviti da će horizontalne sile, koje djeluju na oštricu — aa — biti oko 22 kg/mm, pa ćemo naći da rezultanta iznaša oko 26 kg/mm. Kod običnog svrdla uz iste uvjete rada i dužinu poprečne oštrice od 4,5 mm aksijalna sila iznaša ne više od 370; t. j. opterećenje oštrice naraste za 40 kg/mm — tako, da ukupni vertikalni specifički pritisak iznaša ne manje od 47,0 kg/mm, koji moramo geometrički pribrojiti horizontalnom specifičnom opterećenju ne manjom od 13—14 kg/mm. Tako ćemo dobiti ukupno opterećenje cca 50 kg/mm. Taj vrlo približni proračun pokazuje da je spec. opterećenje opisane poprečne oštrice otprilike 2 puta manje od spec. opterećenja obične poprečne oštrice.

TS-diagram za smjesu vodene pare i zraka.

Josip Miler.

Ovaj diagram služi za određivanje difuzora, specijalno kod naprava ejektora na vodenu paru. Ovakove se naprave upotrebljavaju kod rashladnih uređaja na vodenu paru, i kod kondenzacionih naprava parnih turbina za odstranjivanje zraka iz kondenzatora. U oba slučaja dolazi do kompresije smjese vodene pare i zraka.

Prisutnost atmosferskog zraka upliviše na kružni proces, koji proizvađa u rashladnom stroju vodena para kao primarni prenositelj hladnoće. Uslijed propustivosti dolazi zrak u rashladni uređaj (u kojem vlada prema željenoj temperaturi visoki vakum) te umanjuje njegovu rashladnu sposobnost.

Kod određivanja glavnih dimenzija difuzora, kao i kod postavljanja bilance topline, uzimlje se nepovoljno djelovanje zraka na taj način u obzir da se proces kompresije dijeli na kompresiju vodene pare i posebno kompresiju zraka. Ovako se postupa kod takovih procesa kompresije, koji se zbivaju, u pogledu vodene pare u zasićenom području (mokra kompresija).[1] U tu svrhu najzgodnije je upotrijebiti dijagrame entropije (TS-dijagrame) posebno za vodenu paru i posebno za zrak, ma da ova metoda i nije najpraktičnija. Kod pretpostavke na pr. adiabatske kompresije javljaju se naime kod vodene pare i kod zraka različite konačne temperature, koje faktično postajati ne mogu, jer se vodena para i zrak nalaze savršeno pomješani u jednom te istom prostoru. Prema tome i kod kratkotrajnih kompresija nemogu se razviti različite temperature kod pojedinih dijelova ove smjese, koja se sastoji iz vodene pare i zraka. Ovaj proces imade da se shvati ovako, kano da toplina nakon svršene kompresije prelazi iz toplijeg dijela (t. j. obično zraka), na hladniji dio (t. j. obično vodenu paru).

Kada se kompresija vodene pare zbiva u pregrijanom području (suha kompresija), može se ovaj proces prosuđivati na drugi način. Kod takove kompresije praktično je smatrati pregrijanu vodenu paru i zrak kao plinsku smjesu. U tome slučaju dade se upotrijebiti zajednički TS-dijagram prema priloženoj slici.

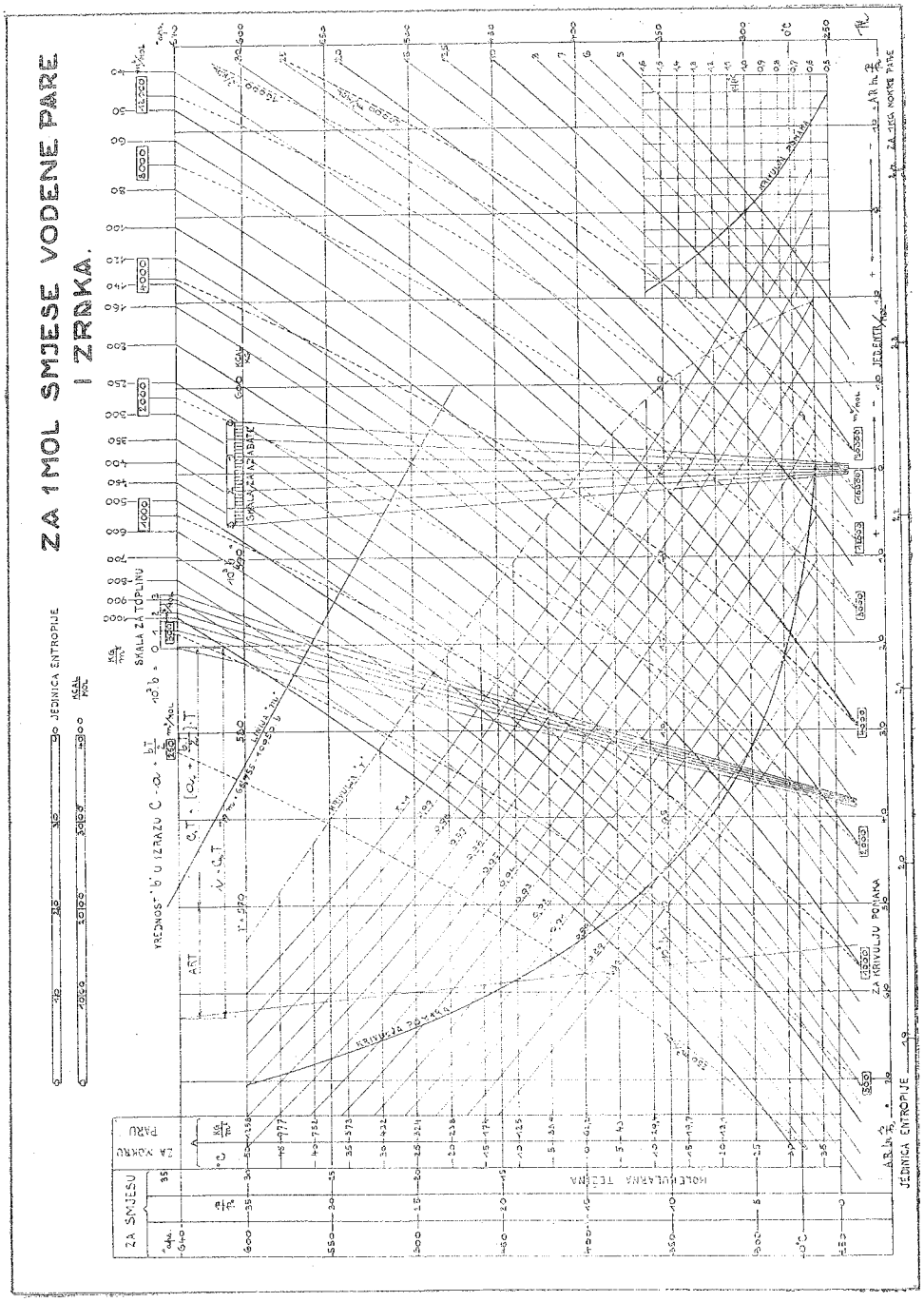
Ovaj je dijagram crtan za jedan mol smjese, koja se sastoji iz vodene pare i zraka a osniva se na istom principu kao TS-dijagram od »Stodole«[2] za plinske smjese (napose plinske smjese, koje nastaju poslije izgaranja tehničkih goriva).

Promjenljivost specifične topline za 1 mol kod zraka i vodene pare, uzeta je po predlogu prof. S t o d o l e za gore spomenute plinske smjese prema izrazima:

---

[1] P. O s t e r t a g: Kälteprozesse 1924.

[2] S t o d o l a: Dampf- und Gasturbinen, V. izdanje.



$$C_v = a_v + b \cdot T,\ C_p = C_v + A \cdot R = a_p + b \cdot T$$
$$a_p = a_v + A \cdot R = a_v + 1{,}985 \sim a_v + 2.$$

Stodola upotrebljava slijedeće vrijednosti:

za plinove i pare $a_v = 4{,}67$, za zrak $b = \frac{1}{1000}$, za vodenu paru $b = \frac{2{,}9}{1000}$.

Promjena entropije za konačnu povoljnu promjenu stanja i za 1 mol povoljne plinske smjese glasi:

$$S - S_0 = a_p \cdot ln \frac{T}{T_0} + b \cdot (T - T_0) - A \cdot R \cdot ln \frac{p}{p_0}.$$

U dijagramu uzeto je kod T_0=200°, $S_0 = O$, prema tome izlazi:

$$S = a_p \cdot ln \frac{T}{200} + b \cdot (T - 200) - A \cdot R \cdot ln \frac{p}{p_0}$$

kod toga veličine S i R vrede za 1 mol. Kod p = konst. iznosi promjena entropije:

$$S_p = a_p \cdot ln \frac{T}{200} + b \cdot (T - 200).$$

Po ovoj jednadžbi crtan je sistem izobara u dijagramu.

Na isti je način crtan u dijagramu sistem krivulja v = konst. prema formuli:

$$S = a_v \cdot ln \frac{T}{200} + b \cdot (T - 200) + A \cdot R \cdot ln \frac{v}{v_0}.$$

Kod v = konst. iznosi promjena entropije:

$$S_v = a_v \cdot ln \frac{T}{200} + b \cdot (T - 200).$$

Ovaj sistem krivulja dade se upotrijebiti za svaku smjesu vodene pare i zraka, počevši od idealnog plina do suhog zraka i do čiste pregrijane vodene pare, zato je uzeta u obzir promjena vrijednosti b od ništice do $\frac{3}{1000}$. U tu svrhu unesena je u slici skala b za adiabate. O vrijednostima b t. j. o sastavu smjese zavisi smjer adiabatskih linija.

Vrijednosti b proizilaze iz sastava smjese kako slijedi: Ako se uzmu kao težine na sat, hladna para G kg/h, radna para G_0 kg/h zrak G_z kg/h, omjeri

$$\frac{G_z}{G} = \mu, \quad \frac{G_0}{G} = \lambda, \quad \frac{G + G_0}{G_z} = \frac{\lambda + 1}{\mu},$$

molekularne težine: suhog atmosferskog zraka m_z, vodene pare m_p, onda iznosi:

$$b = \frac{1}{1000} \cdot \frac{\frac{G + G_0}{m_p} \cdot 2{,}9 + \frac{G_z}{m_z} \cdot 1}{\frac{G + G_0}{m_p} + \frac{G_z}{m_z}} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{83{,}955 \left(\frac{\lambda + 1}{\mu}\right) + 18}{28{,}95 \left(\frac{\lambda + 1}{\mu}\right) + 18}$$

kao linearna funkcija omjera $\frac{\lambda + 1}{\mu}$.

Iz izraza za entropiju kod izotermičke promjene stanja

$$S_t = - A \cdot R \cdot ln \frac{p}{p_0}$$

slijedi, da su pojedine izobare nastale horizontalnim međusobnim promicanjem tako, da je horizontalna udaljenost između dviju izobara za

svaku temperaturu jednaka. Udaljenost između dviju izobara jednaka je izrazu $A \cdot R \cdot ln \frac{p}{p_0} = 1{,}985 \cdot ln \frac{p}{p_0}$ jedinica entropije. Ista je neovisna o temperaturi i ovisi samo o omjeru tlakova $\frac{p}{p_0}$ koji pripada dotičnim izobarama.

U svrhu tačne i jednostavne interpolacije prikazana je u dijagramu krivulja pomaka, koja daje vrijednosti $A \cdot R \cdot ln \frac{p}{p_0}$ kao funkcije omjera $\frac{p}{p_0}$. Za manje omjere $\frac{p}{p_0}$ iscrtan je u desnom donjem dijelu slike dio krivulje pomaka u većem mjerilu. Pomoću krivulje pomaka dade se za svaki povoljni tlak grafički ustanoviti svaka pojedina tačka odgovarajuće izobare.

Parcijalni tlakovi vodene pare i zraka (p_p, p_z) slijede iz omjera

$$\frac{p_z}{p_p} = \frac{G_z}{G + G_0} \cdot \frac{R_z}{R_p} = \frac{\mu}{1 + \lambda} \cdot \frac{R_z}{R_p}.$$

Kod toga je pretpostavljen isti zakon jednadžbe stanja za vodenu paru i zrak. Sa plinskim konstantama R_z i R_p za zrak i vodenu paru iznosi:

$$\frac{p_z}{p_p} = 0{,}621 \cdot \frac{\mu}{1 + \lambda}.$$

Volumen smjese određuje se pomoću ukupne težine smjese ili jednoga dijela, koji se nalazi u smjesi t. j. vodene pare ili zraka. Pri tomu treba uzeti u obzir osim temperature u prvom slučaju ukupni tlak smjese u drugom slučaju parcijalni tlak dotičnog dijela smjese. Prema općenitom izrazu i pod prijašnjom pretpostavkom iste jednadžbe stanja za svaki dio smjese, iznosi ukupni volumen

$$V = \frac{G_1 R_1 + G_2 R_2}{p} \cdot T = \frac{G_1 R_1 + G_2 R_2}{p_1 + p_2} \cdot T \text{ sa omjerom } \frac{p_1}{p_2} = \frac{G_1 R_1}{G_2 R_2}$$

izlazi eliminiranjem tlaka p_1, dotično tlaka p_2:

$$V = \frac{G_1 R_1 T}{p_1} = \frac{G_2 R_2 T}{p_2}.$$

Volumen smjese dade se odrediti također iz jednadžbe stanja za 1 mol smjese iz izraza:

$$V = \frac{(G + G_0 + G_z) \cdot 848 \cdot T}{(p_z + p_p) \cdot m}$$

sa m kao molekularnom težinom smjese.

Ovi izrazi daju dostatno tačne rezultate za slučaj pregrijane vodene pare.

Za slučaj mokre vodene pare najtačnije je računati prema izrazu:

$$V = (G + G_0) \cdot v_p + \frac{G_z \cdot R_z \cdot T}{p_z + p_p}.$$

Kod toga se specifični volumen v_p vodene pare odredi iz tabele pare prema ukupnom tlaku smjese $(p_z + p_p)$.

Idealni se proces kompresije ove smjese uzimlje uvjek kao adiabatski. Da se izbjegne planimetriranju površina kod određivanja potrebne radnje kompresije, nanesene su na lijevoj strani dijagrama krivulje za toplinu, pripadajuća skala b za toplinu, te os ART. Svakoj vrijednosti b odgovara po jedna krivulja. Svakoj temperaturi pripada određena vrijednost ART i $\left(a_v + \frac{b \cdot T}{2}\right) \cdot T = C_v \cdot T$, koje se vrijednosti određuju kao dužine i izražuju u kcal — vidi sliku.

Adiabatska radnja kompresije za 1 mol smjese iznosi:

$$AL = \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT = \left(a_v + \frac{b \cdot T_2}{2}\right) \cdot T_2 + ART_2 - \left(a_v + \frac{b \cdot T_1}{2}\right) \cdot T_1 - ART_1$$

ili

$$AL = (C_{v2} + AR) \cdot T_2 - (C_{v1} + AR) \cdot T_1 = C_{p2} \cdot T_2 - C_{p1} \cdot T_1 \; kcal/mol.$$

Grafički dobiva se ova radnja na taj način, da se međusobno odbijaju udaljenosti mjerene između osi ART i dotične krivulje b za toplinu. One se mjere na horizontalama prema odgovarajućim graničnim temperaturama kompresije T_2 i T_1.

Radnja adiabatske kompresije izražena je u kcal za 1 mol smjese. Nju treba reducirati na 1 kg smjese. Za ovo određivanje potrebno je poznavanje molekularne težine m dotične smjese, koja se dobiva sa poznatim oznakama iz izraza:

$$m = \frac{G + G_0 + G_z}{\frac{G + G_0}{m_p} + \frac{G_z}{m_z}} = \frac{\frac{\lambda + 1}{\mu} + 1}{\frac{1}{m_p} \cdot \left(\frac{\lambda + 1}{\mu}\right) + \frac{1}{m_z}}$$

Prema prijašnjem je i vrijednost b linearna funkcija od $\left(\frac{\lambda + 1}{\mu}\right)$. Pomoću oba izraza za m i b dade se odrediti molekularna težina m kao funkcija vrijednosti b. Jednostavnim računanjem izlazi:

$$m = \frac{65{,}955 - 10950 \cdot b}{1{,}9}.$$

Iz toga slijedi, da je molekularna težina m smjese linearna funkcija vrijednosti b, prema tomu se dade predočiti pravcem. Ovaj je pravac u slici obilježen linijom »m«. Njime se određuju molekularne težine smjese kod poznate vrijednosti b.

Da se upotreba ovoga dijagrama proširi i na procese kompresije, koji se zbivaju potpuno ili djelomično u zasićenom području vodene pare, ucrtana je u slici gornja granična krivulja X = 1 i krivulje X = konst, vodene pare.

Ove su krivulje crtane u drugom TS-sistemu, koji vrijedi za 1 kg vodene pare. Temperatura, koja je unesena u stupnjevima Cels. od — 35° do + 50° prikazana je u drugom mjerilu. Mjerilo za entropiju je promjenjeno. Na horizontalnim linijama (izotermama) ovoga dijela dijagrama, označeni su odgovarajući tlakovi zasićene vodene pare u kg/m².

Za određivanje radnje kompresije potreban je sadržaj topline. U svrhu jednostavnog određivanja ove vrijednosti za zasićenu vodenu paru, nacrtana je u dijagramu krivulja »r« topline isparivanja vodene pare. Ova krivulja prikazuje toplinu isparivanja (r) suhe zasićene pare kao funkciju temperature.

Kod određivanja procesa kompresije u zasićenom području (mokra kompresija), treba da se upotrijebi za dio, koji otpada na zrak prijašnji dijagram — crtan za 1 mol —. Smjer adiabata za zrak određuje vrijednost $b = \frac{1}{1000}$ na skali za adiabate.

Kako je gore spomenuto dostatan je ovaj dijagram za određivanje difuzora rashladnog stroja sa uporabom vodene pare kao prenositeljem hladnoće.

Kod kondezacionih naprava,[3] koje baziraju na istome sistemu je postupak principijelno isti. Mijenja se samo područje tlakova i granice temperature. Za područje viših tlakova nego ono, koje sadrži TS-dijagram, je ovaj isto tako uporabiv. U dijagramu treba samo potražiti izobare, kojih tlakovi stoje u istom omjeru $\frac{p}{p_0}$ kao i prave vrijednosti. Ili da se dođe do područja viših tlakova, može se svaki tlak pomnožiti sa povoljnim brojem na pr. 10, dok se kod krivulja V = konst. mora svaki volumen sa istim brojem dijeliti.

RÉSUMÉ.

Le diagramme TS pour un mélange de vapeur d'eau et d'air.

Un nouveau diagramme entropique TS pour une moleculekilogramme de mélange de vapeur d'eau et d'air et pour 1 kilog de vapeur d'eau saturée.

Ce diagramme suffit pour le calcul complet du diffuseur d'un réfrigérateur á vapeur d'eau, ainsi que de la trompe á condensation d'un éjecteur á vapeur.

Ce diagramme présente des avantages pratiques lorsque le processus de compression du mélange passe dans le domaine de la vapeur surchauffée.

[3] Dr. ing. K. Hoefer: Die Kondensation bei Dampfkraftmaschinen. Str. 258. Dampfstrahlluftpumpen.

Pogon parnih strojeva sa pritiscima u blizini kritičkog pritiska pare.

Jaroslav Havliček.

Inženjer nastoji da konstruira i postavi strojeve sa što moguće većom ekonomijom. Prema ovoj našoj dogmi istraživao sam godine 1913. pod kojim bi prilikama parni uređaj morao raditi da bude stepen učinka (Wirkungsrad) najveći. Ta se je zadaća mogla rešiti teoretski samo onda, ako su poznata fizička svojstva pare u granicama koje nam daje u prvom redu priroda, a u drugom redu materijal iz kojega su strojevi i kotlovi konstruirani. S obzirom na kružni proces daje nam priroda donju granicu temperature, a to je temperatura vode za hlađenje kondenzatora parne turbine; gornju granicu temperature daje nam konstruktivni materijal a to je čelik ili obični ili legirani (sa Mo, Cr, Ni itd.). Donja granica je dakle oko 25° C ili 298° aps., gornja granica je danas oko 500° C ili 773 aps. Prema drugom glavnom zakonu termodinamike davao bi u tim granicama C a r n o t-ov kružni proces maksimalno mogući stepen učinka:

$$\frac{773—298}{773} = \frac{475}{773} = 65\%$$

Godine 1913. bila su donekle poznata fizička svojstva pare do 40 atm. i kod pregrejanja do 500° C. Trebalo je dakle znati kakva svojstva u fizičkom smislu ima para do 500° C i kod pritisaka do više hiljada atmosfera. Kod pritiska inženjer u principu ne pozna granice, jer se svaki pritisak može proizvesti, ali se mora naprezanje materijala zgodnim izborom debljine stene konstrukcije držati u dopuštenim granicama. U ono doba se je uzimalo da je kritična temperatura pare kod 374° C a kritični pritisak oko 203 atm.

V a n d e r W a a l s-ov zakon o korespodirajućim stanjima kaže, da se supstance mogu uspoređivati međusobno, ako se za merilo pritiska, specifičnog volumena i temperature uzme kritični pritisak kao jedinica pritiska, kritični volumen kao jedinica volumena, a kritična temperatura, kao jedinica temperature. Ispitivao sam da li taj v a n d e r W a a l s-ov zakon vredi i za latentnu toplinu isparivanja. U tu sam svrhu nacrtao dijagram sa koordinatama, entropija za 1 mol/apsolutna temperatura, i to za amonijak, ugljenu kiselinu, i sumporastu kiselinu, koje se supstance bile istražene s obzirom na specifičnu toplinu i latentnu toplinu sve do kritičnog pritiska. Nadalje sam kod visokih temperatura i različitih pritisaka upotrebio rad izoterme kompresije i pretpostavio da vrede zakoni idealnih gasova što je kod visokih pregrejanja sa velikom verojatnosti dopušteno. Položivši ta tri entropijska dijagrama u korespodirajućim stanjima jedan na drugi opazio sam da su oni međusobno kongruetni. Bio je dakle zaključak dopušten da taj tako nađeni entropijski dijagram mogu

upotrebiti za vodu i njenu paru samo se je sada moralo uzeti odgovarajuće merilo za temperaturu, pritisak i entropiju, što je bila posve jednostavna operacija. Iz tako dobivenog entropijskog dijagrama bilo mi je lako izračunati maksimalni stepen učinka u našim granicama donje i gornje temperature kod kritičnoga pritiska za kojega se onda uzimalo da iznosi 203 atm. Danas se uzimlje da je kritički pritisak 225 atmosfera, a kritička temperatura 374° C, dok bi prema C a l l e n d a r-u[1] bio taj pritisak oko 258 atmosmera 380,5° C. U dijagramu samom ne može se ta razlika u granicama od 203—258 atm. razaznati.

Teoretski sam izračunao u tim granicama mogući stepen učinka kružnog procesa kod kritičnog pritiska i 427°C sa 43%. Ta veličina je tako dobro izračunana da je i danas na osnovu merenja fizičkih svojstava pare do preko kritičkog pritiska ne treba više korigirati.

Godine 1913. nije mi Verein Deutscher Ingenieure u Berlinu, komu sam svoj rad bio poslao, htio da ga primi sa motivacijom da je to što tvrdim nesmisao. (To pismo još i danas čuvam.) Rad je štampao Zt. des Vereines östereichischer Ing. und. Arch. u nešto skraćenom opsegu i u manje više telegrafskom stilu.[2] Zaslugom prof. R i e d l e r-a, koji se za stvar zauzeo dobio sam 13 godina kasnije zadovoljštinu time da je god. 1925. Verein Deutscher Ingenieure štampao u Sonderheftu — Technische Mechanik[3] moj rad, koji su 1913. odbili, u neskraćenom obliku.

Od ideje pa do gotovoga stroja i uređaja dalek je put. Nisam mislio da ću doživiti ostvaranje takvih uređaja sa visokim pritiscima i ako sam 1913. prijavio patent na kotao i parnu turbinu za kritički pritisak i pokazao već 1913. da će poteškoća u parnoj turbini sa visokim pritiskom ležati u vodi koja se kod ekspanzije u poslednjim točkovima turbine stvara te tamo deluje u smislu kočenja i erodiranja.

Kotao za koga sam prijavio patent, identičan je sa današnjim B e n s o n o v i m kotlom a turbinu kakvu sam sebi tada zamišljao u njenom prvom delu za visoki pritisak sa snagom od 50.000 HP za 130 atm. i 500° C gradi danas za vitkovicke kameno-ugljene rudnike firma Brown-Boveri i Comp u Badenu.

Patent u svoje vreme nisam dobio jer me nisu u patentom uredu razumeli, a i ja nisam bio dosta vešt ni jak da sebi tu stvar izvojštim.[4]

Kako je ideja koju je čovek spoznao kao istinitu i dobru ne da čovjeku mira dok je ne izvrši, tako i ja od godine 1924. istražujem za M a s a r y k o v u akademiju rada u Pragu fizička svojstva pare do 300 atm. i 500°C[5]. I kao član internacionalne komisije za parne tabele pripravljam tačan dijagram entropije. Posljedica je toga bila da su vitkovicki kamenougljeni rudnici naručili 1925. turbinu sa 23.000 HP i kotlove za 130 atm. i 500°C, koji su u pogonu od godine 1927. Danas se uređaj centrale proširuje sa drugom turbinom od 50.000 HP i kotlovima, koji su potrebni za obe turbine.

Svaki razvitak jedne ideje ide tek korak po korak. Mesto B e n s o n-ovoga kotla uzeo sam radije kotlove svoga prijatelja i sudruga sa Vis.

---

[1] Proccedings of the Royal Society, London, A. Vol. 120. (1928).
[2] 42. (1913). 689. Kritik der Wärmekraftmaschinen.
[3] Ergänzungsheft der VDI — Zeitschrift 69. (1925). 1. Kritik der Wärmekraftmaschinen.
[4] Power, New-York, od 3. sept. 1929 (Claims Priority Benson).
[5] World Power Conference, Fuel Conference 1928. No. J₃.

fosilnog ugljena na zemlji. Uz produkciju, kakova je bila godine 1913. trajale bi svjetske zalihe fosilnog ugljena još 5600 godina.

U našoj državi nalazimo u manjoj ili većoj mjeri zastupane sve spomenute vrsti izvora energije.

Prema Privremenom Popisu Vodenih Snaga[3] iznosi cjelokupna snaga naših vodotoka, osim kraškog područja, za niske vode $3{,}5.10^6$ ks, a iza odbitka, koji kod pograničnih rijeka otpada na susjedne države, $3{,}0.10^6$ ks[4]. Snaga kod srednje vode, raspoloživa kroz 9 mjeseci u godini, iznosi, iza odbitka koji otpada na susjedne države, svega $8{,}9.10^6$ ks[4]. Vodene snage kraškog područja prema podacima Th. Schenkela[5] iznose $0{,}4.10^6$ ks. Uzme li se, da je od vodenih snaga navedenih u privremenom popisu iskoristivo 50%, to dobivamo, uzevši u obzir vrijeme trajanja srednjeg i niskog vodostaja, godišnju iskoristivu energiju naših vodotoka od 20.10^{12} kcal.

Energija zračnih struja još ne dolazi u obzir u većoj mjeri za tehničko iskorišćivanje.

Kao izvor energije dolazi u obzir dio zalihe sadržane u biljkama, odnosno samo dio energije, koja se godišnje u biljkama sakuplja. Radi se tu u prvom redu o gorivom drvu, a u drugom o biljkama, iz kojih se proizvodi žesta.

Proizvodnja gorivog drveta iznosi kod nas godišnje oko $8{,}5.10^6$ m^3, t. j. oko $2{,}2.10^6$ tona[6], što odgovara energiji od $6{,}6.10^{12}$ kcal. K tomu dolaze još otpatci, koji se u drvenoj industriji iskorišćuju za dobivanje energije.

Tvornice žeste imaju godišnji kapacitet od kojih 370.000 hl. ili 30.10^3 to žeste, što odgovara energiji od 170.10^9 kcal. Žesta se međutim samo djelomično upotrebljava za dobivanje termičke i mehaničke energije.

Zalihe fosilnog ugljena[7] procijenjene su na $8{,}7.10^9$ to, a sastoje većinom od mrkog ugljena i lignita. Samo neznatne količine otpadaju na kameni ugljen. Uz srednju kaloričku vrijednost od 4000 kcal po kg ugljena iznosi energija sadržana u fosilnom ugljenu 35.10^{15} kcal. Proizvodnja[8] fosilnog ugljena dosegla je kod nas u godini 1928. svega $5{,}1.10^6$ to, što odgovora energiji od 20.10^{12} kcal. Na podlozi produkcije od 1928. bile bi naše zalihe fosilnog ugljena iscrpene za kojih 1700 godina.

Kameno ulje (nafta) pojavljuje se na više mjesta u našoj državi, ali nalazišta još nisu dovoljno ispitana, pa nema niti podataka o zalihama istoga.

Isto tako nisu još istražena niti nalazišta zemnog plina, koji se u nekim predjelima pojavljuje. Iskorišćivanje je ipak u godini 1928. iznosilo 930.10^3 m^3, što odgovara energiji od $9{,}3.10^9$ kcal.[9]

---

[3] Ministarstvo Poljoprivrede i Voda, Gen. dir. Voda: Privremeni Popis Vodenih Snaga Kraljevine SHS, Beograd 1921.

[4] Morice Vignerot: »L'aménagenent général des eaux...« Revue économique et financière god. 1923. br. 2. str. 17.

[5] Th. Schenkel: Die Karstgebiete und ihre Wasserkräfte.

[6] Ing. M. Marinović: Šumarstvo naše države.

[7] Katzer: Die fosilen Kohlen Bosniens. Za druge dijelove države procjene Dolcha i publikacija »Rudarstvo u Srbiji«. Pregled pojedinih područja Tehn. List 1924. br. 22. str. 282.

[8] Rudarski i Topionički Vesnik 1929. br. 3. str. 130.

[9] Rudarski i Topionički Vesnik 1929. br. 4. str. 178.

Izvori energije, o kojima su poznati podaci, daju dakle ovu sliku:

godišnja iskoristiva energija vodotoka	20.10^{12} kcal
godišnja isk. energija biljaka (gorivo drvo, žesta)	$6{,}8.10^{12}$ »
energija ukupnih zaliha fosilnog ugljena	35.10^{15} »
godišnja proizvodnja fosilnog ugljena u god. 1928.	20.10^{12} »
godišnja proizvodnja zemnog plina u godini 1928.	$9{,}3.10^{9}$ »

Potrošnja energije.

Energija se troši za grijanje, rasvjetu, mehanički rad i kemijske procese u prometu, industriji, obrtu poljodjelstvu, kućanstvu i u opće u svim pojavama ljudskoga života.

Statistički podaci o sveukupnoj potrošnji energije u našoj državi, kao i o razdiobi na pojedine oblike potrošnje i na pojedine vrsti potrošača, nisu objavljeni. Približnu sliku o ukupnoj potrošnji možemo dobiti, ako promotrimo, u kojem se opsegu trošilo od pojedinih nosioca energije.

Izgrađene vodene snage iznose oko 200.000 ks ili 147.000 kw. Procijeni li se godišnje vrijeme upotrebe izgrađenog učina sa 3500 sati, iznosit će godišnje proizvedena radnja oko 515.10^6 kwh. Najveći dio te energije, po mom mišljenju oko 70%, troši se na elektrokemijske svrhe. Od ostatka može se uzeti da otpada 24% na mehanički rad u industriji i obrtu, a 6% na rasvjetu u opće, zajedno sa ostalom potrošnjom u kućanstvu.

Dobava ugljena pojedinim granama potrošača u godini 1928.:

	Željeznice		Brodarstvo		Industrija		Razni		Vlastiti potrošak ugljenika	
	to	10^9 kcal	to	10^9 kcal	to	10^9 kcal	to	10^9 kcal	to	10^9 kcal
Domaća proizvodnja										
kameni ugljen	206.700	1.440	24 400	171	88.800	622	800	6	13.000	91
briketi	25 300	177	600	4	400	3	700	5	1.600	11
mrki ugljen	1,505.100	6.020	185.600	740	1,354.400	5.415	266.300	1.064	267.600	1.105
lignit	236.700	592	4.900	12	476.100	1.190	206.100	516	111.200	280
Uvoz										
kameni ugljen	190 000	1.330	60.000	420	54.000	378	10.000	70	—	—
mrki ugljen	—	—	—	—	35.900	144	—	—	—	—
koks	—	—	—	—	140.000	980	25.000	175	—	—
briketi	7.200	43	—	—	—	—	—	—	—	—
ukupno	2,171.000	9.602	275.500	1.347	2,149.600	8.732	508.900	1.836	393.400	1.487

Gorivog drva troši se u zemlji oko $7{,}7.10^6$ m^3 (ostatak se izvozi), što odgovara energiji od 6.10^{12} kcal. Skoro sveukupno gorivo drvo upotrebljava se na svrhe grijanja, kamo ubrajamo i kuhanje u kućanstvu. Tek neznatni postotak otpada na dobivanje mehaničke radnje bilo direktnim spaljivanjem pod parnim kotlovima, bilo u formi drvenog ugljena u motorima na upojni pljin, pa taj postotak možemo približno procijeniti sa 1%.

Udio žeste na dobivanju mehaničke radnje i topline tako je neznatan u razmjeru spram ostalih faktora, da ga možemo ovdje zanemariti.

Ugljen se troši u svim granama gospodarstva energijom. Udio pojedinih grana u potrošnji domaćeg ugljena prema podacima Generalne Direkcije Ruda[10] predočuje na str. 1133 navedena tabela. Za ugljen uvežen iz inostranstva objelodanjeni su samo sumarni podaci sa strane Generalne Direkcije Carina[11], pa je razdioba provedena prema vjerojatnosti.

Možemo uzeti, da se kod željeznica, u brodarstvu i za vlastite potrebe ugljenika ugljen upotrebljava skoro samo za dobivanje mehaničke radnje. Stavke za industriju i za razne konzumente moraju se još razdijeliti prema prema vrsti potrošnje. Pošto nema statističkih podataka, upućeni smo na procjenu. Veći dio u industriji godišnje potrošenog ugljena otpadat će na dobivanje mehanike radnje, možemo računati sa 77%. Od ostatka možemo uzeti 20% za proizvodnju topline i konačno 3% za svijetlo, pošto su u industriji uračunate i parne električne centrale, koje dio energije troše na davanje rasvjete. Pod raznim potrošačima ima se u tabeli razumjeti u glavnom kućanstvo i mali obrt. Tu možemo najveći dio potroška ugljena, do 99%, uzeti za dobivanje topline, ostatak od 1% za mehaničku radnju. Dobivamo dakle:

Potrošač	Mehanička radnja		Toplina		Svijetlo		Ukupno	
	%	10^9 kcal	%	10^9 kcal	%	10^9 kcal	%	10^9 kcal
Industrija	77	6724	20	1746	3	262	100	8732
Razni	1	18	99	1818	—	—	100	1836
Ukupno	—	6742	—	3564	—	262	—	—

Kamenog ulja (nafte) uveženo je u Jugoslaviju u godini 1928. svega 82.700 to[12], pa se može uzeti, da je ta količina prerađena u domaćim rafinerijama. Potrošak destilata nafte bio bi:

---

[10] Rudarski i Topionički Vesnik 1929. br. 9, str. 406. i 407.
[11] Statistika spoljne trgovine za 1928. izdanje Gen. Dir. Carina.
[12] Statistika spoljne trgovine za god. 1928.

	Benzina	Petroleja	Plinskog ulja
U domaćim rafinerijama dobiveno to	8300	33000	21700
U preradenom stanju uveženo to .	7600	24500	3700
Ukupno u zemlji potrošeno to . . .	15900	57500	25400
Ekvivalent u 10^9 kcal	159	575	254

Od ukupnog potroška benzina otpast će 95% na promet (automobili, avijoni), 3% na mehaničku radnju drugih benzinskih motora, a 2% u druge svrhe. Petrolej troši se u glavnom za rasvjetu, oko 98%, a ostatak od 2% za mehaničku radnju u motorima. Plinsko se ulje upotrebljava većim dijelom za pogon Dieselovih motora, koji rade pretežno u manjim električnim centralama. Zato se može uzeti, da otpada oko 40% na rasvjetu, a 60% na mehaničku radnju.

Na temelju dosada navedenih pojedinačnih procjena izrađen je tabelarni sastav potroška energije u Jugoslaviji i to na način, kako je sličan sastav za Bavarsku izradio Oskar v. Müller[13] i on pokazuje, da se u Jugoslaviji razmjerno najviše energije troši u kućanstvu za kuhanje i grijanje, pošto procjena daje 1241 milijardu efektivno iskorištenih kilo-kalorija, što u mehaničkim jedinicama odgovara energiji 1445 milijuna kilovatsati. Na drugom je mjestu potrošak topline u industriji sa 786 milijardi efektivno iskorištenih kilo-kalorija, odnosno 916 milijuna kilovatsati. Ukupni korisni potrošak energije u Jugoslaviji iznosi 4370 milijuna kilovatsati godišnje na bazi godine 1928. (Tabela na str. 1136).

Izgledi za budući razvoj potroška energije.

Ne ulazeći u brojčano procjenjivanje razvoja, želim navesti samo neke faktore, koji će utjecati na potrošak energije u budućnosti.

Kod željeznica treba uz povećanje prometa na postojećim prugama računati i sa daljnjom izgradnjom željezničke mreže. U mnogim je krajevima naše države željeznička mreža rijetka i kada se provedu već izrađeni programi za gradnju novih željeznica, znatno će se povećati i potrošak energije. Možemo dakle računati sa razmjerno većim porastom potroška, nego u drugim državama.

Povećanje brodarskog prometa uvjetovano je izgradnjom daljnjih željezničkih veza sa zaleđem, uređenjem luka i jačim iskorišćivanjem sirovina, koje se u samom primorju i njegovom zaleđu nalaze. Svi su ti faktori još u početku razvoja, pa mogu prouzročiti jači porast prometa i potrebe energije, nego što to uvjetuje normalni razvoj, koji je već došao u svoju kolotečinu.

Druge grane prometa (automobilizam i avijacija) također su još daleko zaostale za stanjem, koje nalazimo u drugim evropskim državama, pa možemo očekivati brži napredak, dok se približimo razmjerno onom stupnju, koji su drugi već postigli. Razvoj automobilizma bit će naravno ovisan o kakvoći cesta.

[13] Schönberg und Glunk: »Landes-Elektrizitätswerke« str. 67.

Sastav potroška energije u Jugoslaviji godine 1928.

				Promet			Ugljenici	Elektro-komifa	Ostala industrija		Svijetlo	Obrt mehanička radnja i toplina	Poljodjelstvo, mehanička radnja	Kućanstvo toplina
				željeznica	brodarstvo	druga prometala			mehan. radnja	toplina				
Vodena snaga na rasklopnici centrale	u	milijunima	kWh	—	—	—	—	360	124	—	31	—	—	—
Gubici prenosa	u	milijunima	kWh	—	—	—	—	—	31	—	8	—	—	—
Potrošak kod konzumenata	u	milijunima	kWh	—	—	—	—	360	93	—	23	—	—	—
Korisni efekat kod konzumenata = A	u	milijunima	kWh	—	—	—	—	360	79	—	23	—	—	—
Potrošak drva	u	milijardama	kcal	—	—	—	—	—	59	—	—	—	1	5.940
Koeficijent iskorišćivanja	u		%	—	—	—	—	—	7	—	—	—	6	16
Korisni efekat kod konzumenata = B	u	milijunima	kWh	—	—	—	—	—	4,8	—	—	—	0,1	—
	u	milijardama	kcal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	950
Potrošak ugljena	u	milijardama	kcal	9.602	1.347	—	1.487	—	6.724	1.746	262	18	—	1.818
Koeficijent iskorišćivanja	u		%	6	7	—	7	—	7	45	6	6	—	16
Korisni efekat kod konzumenata = C	u	milijunima	kWh	671	110	—	120	—	549	—	18	1,3	—	—
	u	milijardama	kcal	—	—	—	—	—	—	786	—	—	—	291
Potrošak benzina i plinskog ulja	u	milijardama	kcal	—	—	151	—	—	152	—	102	5	—	—
Koeficijent iskorišćivanja	u		%	—	—	10	—	—	12	—	12	12	—	—
Korisni efekat kod konzumenata = D	u	milijunima	kWh	—	—	18	—	—	21	—	14	0,7	—	—
Potrošak petroleja	u	milijardama	kcal	—	—	—	—	—	—	—	563	6	6	—
Koeficijent iskorišćivenja				—	—	—	—	—	—	—	40 kcal/HKh	12%	12%	—
Korisni efekat kod konzumenata = E	u	milijumina	kWh	—	—	—	—	—	—	—	17	0,8	0,8	—
Ukupni korisni potrošak energije kod konzumenata = F = A + B + C + D + E	u	milijunima	kWh	671	110	18	120	360	654	—	72	2,8	0,9	—
	u	milijardama	kcal	—	—	—	—	—	—	786	—	—	—	1.241
Postotci ukupnog korisnog potroška				15,4	2,5	0,4	2,7	8,2	15,0	21,0	1,6	0,1		32,1

Vlastita potrošnja energije u ugljenicima povećat će se samo u onoj mjeri, u kojoj se bude povećavala proizvodnja ugljena uvjetovana opet drugim faktorima. Tu možemo pretpostavljati normalne prilike bez osobitih skokova.

Elektrokemija zauzimat će previdivo posebno mjesto u razvoju potroška energije. Osobito elektrometalurgija. Obilje vodenih snaga i sirovina za tu granu industrije dovest će prije ili kasnije do podizanja odnosnih postrojenja. Ležišta bauksita omogućuju proizvodnju aluminija, bakrena se ruda kod nas prerađuje u sirovi bakar i izvozi, a mogao bi se izrađivati elektrolitni bakar najbolje vrsti. Velika ležišta željezne rude ne mogu se dovoljno iskoristiti, jer ne raspolažemo u zemlji sa koksom za visoke peći, ali bismo se mogli učiniti neovisnim od stranog koksa izrađujući željezo elektrometalurškim putem[14]. Napomenuti su ovdje samo neki glavniji faktori, koji pokazuju, da bi se potrošnja energije za elektrokemiju mogla umnogostručiti, ako se prirodni preduslovi pravilno iskoriste.

Ostala industrija također još nije došla do onog stupnja razvoja, koji bi odgovarao raspoloživim sirovinama i prirodnim silama na teritoriju Jugoslavije. Tako će same okolnosti siliti na proširenje i povećanje industriskog djelovanja, ali to ne mora voditi, što u ostalom nije niti poželjno, do toga, da prestanemo biti pretežno poljoprivredna država. Industrija će apsorbirati samo dosada još neiskorištene snage i ne će uvjetovati umanjivanje poljoprivrednog rada nego će ga predvidivo učiniti samo još intenzivnijim i racijonalnijim. Prirodni su preduslovi za industriju mnogobrojni, pa navodim samo neke. Drvena se industrija od sadanje izrade polufabrikata u pilanama može proširiti na izradu svake vrsti drvene robe. Prije spomenuta elektrometalurgija davat će polufabrikate za metalnu industriju najširih razmjera. Može se dakle očekivati, da će se i u industriji potreba energije znatno povećati i ako možda ne u tolikoj mjeri, kao kod elektrokemije.

Potrošak energije za rasvjetu rast će predvidivo nešto jače, nego što bi odgovaralo samom porastu pučanstva, pošto će se i način života, koji je u nekim krajevima još primitivan, poboljšati, pa će i time rasti potreba rasvjete.

Mehanički će se pogon u obrtu sve više upotrebljavati, osobito u koliko bude stajala na raspolaganje jeftina električna energija.

Poljoprivreda je danas još veoma slab potrošač energije, pošto još većinom radi sa primitivnim sredstvima. Prelaženjem na intenzivne metode rada mogao bi se potrošak energije umnogostručiti.

Za potrošak energije u kućanstvu vrijedi isto, što je kod rasvjete rečeno. On će se povećavati i radi porasta pučanstva i radi dizanja životnog standarta.

Problemi gospodarstva energijom.

Zadaća je gospodarstva energijom, da pomoću izvora energije, što stoje na raspolaganje, pokrije na najracionalniji način svu potrebu. Taj se cilj može postići samo sistematskom organizacijom proizvodnje i razdiobe energije za što veća područja, po mogućnosti za cijelu državu. Koji nam izvori energije i u kolikoj množini stoje na raspolaganje, opisano

[14] Ing. Kürschner: »Prilog pitanju naše proizvodnje željeza«. Tehn. List. god. 1924. str. 148.

je na početku. Prikazana je i današnja potrošnja energije, pa su konačno spomenuti faktori, koji će previdivo utjecati na budući razvoj. U kolikoj će se mjeri upotrebljavati pojedini izvori energije i u kojem će se smjeru razvijati gospodarstvo energijom, ovisit će o svojstvima tih izvora i o tehničkim mogućnostima za njihovo iskorištenje.

Karakteristično je svojstvo vodene snage, da se ona trajno obnavlja djelovanjem sunčane energije. Možemo dakle za našu vremensku periodu računati, da godišnje iskoristiva energija vodotoka ostaje konstantna i da će nam u istoj množini stajati uvijek na raspolaganje. Drugo je međutim svojstvo vodene snage, da se ona ne može u velikim množinama i na dugo vrijeme akumulirati i štediti, pa zato propada, u koliko se ne iskorišćuje. Ona je nadalje vezana na mjesto vodotoka, pa se mora na istom mjestu, gdje se pojavljuje iskoristiti, odnosno pretvoriti u drugu vrst energije, da se uzmogne racijonalno transportovati. Napretkom elektrotehnike možemo pitanje transporta energije dobivene iz vodotoka smatrati riješenim.

Energija se u biljkama također trajno obnavlja, ali ona je na takav način vezana, da se može akumulirati i sačuvati za dulje vrijeme. Transportovati se može u svom prvotnom obliku, no daljina je transporta iz ekonomskih razloga ograničena obzirom na nižu kaloričnu vrijednost nosioca energije.

Zalihe se fosilnog ugljena i kamenog ulja ne obnavljaju, pa se potroškom umanjuju. Već je prije spomenuto, da bi uz godišnji potrošak, koliki je bio godine 1928. zalihe fosilnog ugljena u Jugoslaviji mogle trajati još 1700 godina. Energija je u fosilnom ugljenu i kamenom ulju akumulirana i ne propada, ako se ne iskorišćuje, pa se prema tomu može štediti i čuvati neograničeno vrijeme. Kod ugljena je ekonomska mogućnost transporta različita prema kvaliteti. Dok antracit i kameni ugalj visoke kaloričke vrijednosti dopušta transport i na velike udaljenosti, mrki se ugalj i lignit može racijonalno transportovati samo do nekih stanovitih daljina od nalazišta, a za prenos preko te granice treba ga preraditi, bilo tako, da se sam mrki ugalj oplemeni, bilo da se pretvori u električnu energiju. Kamenom ulju radi visoke kalorične vrijednosti i visoke cijene njegovih destilata, praktično nisu postavljene granice za transport.

Zemni je plin kao nosioc energije u svojoj karakteristici sličan fosilnom ugljenu i kamenom ulju, samo su za transport mjerodavne druge okolnosti. Ekonomskom su akcijonom radiju postavljene neke granice.

Tehnička sredstva za pretvaranje energije od njenog prvotnog oblika u prirodi do oblika, u kojem se obavlja konačna potrošnja, nalaze se još u stanju razvijanja i usavršavanja. Temeljna je smjernica razvitka: postići što bolji ukupni ekonomski efekat kod pretvaranja oblika energije. Prvo je sredstvo na tom putu umanjivanje gubitaka, odnosno povećanje koeficijenta iskorišćivanja. Ali su i primjeni toga sredstva stavljene neke granice, bilo samim procesom pretvaranja, bilo svojstvima materijala, od kojeg se grade strojevi. Ima opet slučajeva, gdje je s posve tehničkog gledišta moguće još i daljnje povećanje koeficijenta iskorišćivanja, ali ono ne donosi više nove ekonomske koristi, što više može je i umanjiti. Ekonomski optimum ne pokriva se uvijek sa tehničkim. Konačni je oblik većeg dijela energije toplina i mehanički rad. Na rasvjetu i kemičke procese otpada manji dio. Današnji je razvoj tehnike sa stanovišta gospodarstva energijom bio jednostran. Sav je rad bio namijenjen u prvom redu potrebama industrije, t. j. usavršavanju pogonskih strojeva, a po-

područje najvećeg konzuma energije, grijanje i kuhanje u kućanstvu, ostalo je posve zanemareno, premda pruža veliko polje rada. Govoreći o tehničkim sredstvima za iskorištenje pojedinih izvora energije moramo se zato ograničiti na pogonske strojeve.

Iskorišćivanje vodene snage postiglo je u razmjerno kratko vrijeme visoki stupanj razvoja, ali sva pitanja ipak još nisu riješena. Jedno od najglavnijih, prilagođivanje promjenljive vodene snage momentanom konzumu, zahtijeva u svakom slučaju posebno riješenje. Prirodne prilike i ekonomski momenti bit će odlučni za izbor bilo akumulacije u naravnim jezerima, bilo u dolinama pregrađenim velikim vodojažama, bilo u visokim umjetnim bazenima, za postignuće dnevnog, tjednog ili godišnjeg izjednačenja. Ako su okolnosti osobito povoljne, može se postići i izjednačenje sušnih i kišnih godina u naravnim bazenima od više stotina milijuna kubnih metara sadržine. Kod akumulacije tolikih množina vode ulaze u račun i koristi, što nastaju za poljodjelstvo i ribarstvo reguliranjem vodostaja u rijekama i umanjivanjem opasnosti od poplave. Usprkos slabijeg koefecijenta djelovanja, koji danas premašuje tek 60%, bit će u nekim slučajevima moguća i akumulacija vode s pomoću crpka u visokim umjetnim bazenima.

Pošto današnji tipovi vodenih turbina obuhvaćaju skoro sva područja padova, koja u praksi dolaze u obzir, propelerska, Kaplanova i Lavaczekova od 1 do 18 m, Francisova od 2 do 300 m, a Peltonova od 50 do 1600 m, tako da ostaje samo još problem strujne turbine za rad u struji vode bez koncentriranog pada, to je daljnji razvoj upućen na postizavanje što boljeg koeficijenta djelovanja ne samo kod normalnog, nego i kod djelomičnog opterećenja, nadalje na izvedbu što većih jedinica i na povišenje efektivnog broja okretaja, čime je, osobito kod malih padova i velikih jedinica, uvjetovana težnja za visokim specifičnim brojem okretaja. Konačne granice razvoja u tom smislu čini se da još nisu postignute.

Peltonovo kolo gradi se danas u jedinicama od preko 45000 ks, granice za množinu vode leže kod 0,1 i 15 m^3/sk, za specifični broj okretaja kod 2 i 40, a koeficijent djelovanja dosiže 90%, pa ostaje na povoljnoj visini i kod djelomičnog opterećenja, ali ipak nije isključeno, da će se Peltnovo kolo još i dalje razvijati.

Premda je Francisova turbina u raznim izvedbama od ekspresne do polagane najraširenija i obuhvaća najveća područja upotrebe usiljed širokih granica za množinu vode od 0,5 do 150 m^3/sk i za specifični broj okretaja od 50 do 500, može se ipak računati sa daljnjim razvojem i izvedbom još većih jedinica od 40000 ks. Koeficijent djelovanja, koji kod normalnog opterećenja prelazi 90%, ali kod djelomičnog dosta naglo pada, traži također usavršavanje. Uspjesi postignuti sa zupčanim prevodima za učine od preko 10000 ks otvaraju nove puteve.

Propelerska, Kaplanova i Lavaczekova turbina isto još nisu postigle svoje konačne granice. Njihovo područje za množinu vode između 5 i 150 m^3/sk može se još proširiti. Specifični broj okretaja mogao bi se kod Kaplanove turbine povisiti i preko 1200, ako uspije savladati neprilike sa kavitacijom. Naprotiv se koeficijent djelovanja, koji dosiže 95% i ostaje uslijed pokretnih krila u rotoru na povoljnoj visini i kod djelomičnog opterećenja, ne može više mnogo poboljšati. Gradnja još većih jedinica od sadanjih (40000 ks) pitanje je fabrikacije i materijala.

Ako uzmemo u obzir, da se praktički od energije sadržane u ugljenu kod starijih uređaja manje nego 10% pretvori u mehaničku radnju, a

manje od 50% u iskoristivu toplinu, nadalje da je ugljen najviše upotrebljavani nosioc energije, nać ćemo u tom dovoljno opravdanje rada oko boljeg njegovog iskorišćivanja. Povoljni su uspjesi postignuti s jedne strane dobivanjem u ugljenu sadržanog katrana i njegovih destilata, a s druge strane povećavanjem koeficijenta iskorišćivanja i kod pretvorbe energije u mehaničku radnju i u toplinu.

Iskustva postignuta i u Evropi i u Americi u industrijskoj primjeni suhe destilacije fosilnog ugljа kod niske temperature sa dobivanjem vrijednih nusprodukata su dobra, osobito, gdje je provedena kombinacija prerade ugljа, dobivanje nusprodukata i proizvodnja mehaničke radnje, odnosno električne energije. Po Bergiusovoj se metodi »pretvaranja ugljа u tekućinu« također već proizvode veće množine umjetnog benzina.

Razvoj parnih strojeva, koji postizava u smislu Carnotovog, odnosno Clausius-Rankineovog procesa povećanje termičkog koeficijenta djelovanja povećanjem razlike temperature u radnom procesu, dakle dizanjem temperature, uz koju se toplina dovodi, nije još zaključen, pošto su se kod visokog tlaka u vezi sa visokim temperaturama pojavili novi problemi termičke i konstruktivne naravi. Para dobivena kod tlaka iznad kritične točke od 224 ata bez utroška latentne topline ima usprkos pregrijavanja na preko 450° C tako malenu sadržinu topline, da ekspanzija u radnom procesu dovodi do stvaranja vlage. Kako bi se zapriječilo štetno djelovanje kapljica vode, osobito kod velikih brzina u turbinama, potrebno je ponovno pregrijavanje pare. Visoko pregrijavanje pare i poteškoće izvedbe predgrijača za vodu visokog tlaka, u kojem bi se iskoristile velike množine topline još sadržane u plinovima izgaranja, kada isti ostave pregrijač za paru, uvjetuju njihovu upotrebu za prethodno ugrijavanje zraka, što se dovodi u ložište, pa se ta metoda s osobitim uspjehom primjenjuje kod loženja ugljenim prahom. Predgrijavanje vode parom, što se oduzima turbinama, termički je povoljno. Tim usavršavanjem postignuti uspjeh, da se preko 25% energije sadržane u gorivu pretvori u mehaničku radnju, još ne zadovoljava, nego se dio energije nepretvorive u mehaničku radnju iskorišćuje za grijanje. Vezanjem proizvodnje mehaničke radnje i grijanja postignuti su već dobri rezultati u praksi.

Razvoj parnih kotlova u smislu visokog tlaka i visoke temperature još se nalazi u svojim počecima. Pošto još nema dovoljnih iskustava sa novim konstrukcijama, upotrebljavaju se u stalnim pogonima dosadanji oblici parnih kotlova sa vodogrjevnim cijevima dovoljno pojačani u materijalu i izvedbi. Prvi Blomquistov Atmos-kotao za 220 at i 375 do 400° C iz godine 1897. nije odgovarao zahtjevima trajnog pogona i ako je za vrijeme izložbe u Stockholmu davao paru za pogon turbogeneratora. Novije izvedbe iz godine 1923. međutim dokazuju, da je princip vodogrjevnih cijevi, koje rotiraju, sposoban za industrijski pogon i da rotacija djeluje, kako se očekivalo, dakle ne samo da je cijela zagrjevna površina uvijek ovlažena, nego se i mjehurići pare potiskuju vrlo živo od stijena cijevi prema sredini. Indirektno isparivanje po metodi Schmidt-Hartmann ili Löffler ima također mnogo izgleda na uspjeh. Sa Bensonovim kotlom po principu pretvaranja vode u paru iznad kritične točke, dakle bez stvaranja mjehurića još nema većih iskustava.

Kod pogona sa promjenljivim potroškom pare uvode se sve više akumulatori za paru (Ruths) sa dobrim ekonomskim rezultatima.

Područje se upotrebe stapnog parnog stroja, koje je radi konkurencije turbine bilo suženo, opet proširuje upotrebom pare visokog tlaka, ali i područje turbine se proširuje, pa se ne može ustvrditi, da su sa turbogeneratorima od 160000 kW i 208000 kW postignute zadnje granice u povećavanju jedinica. Ponovna primjena zupčanih prevoda, koji su iza de Lavala bili potisnuti u pozadinu, pruža mogućnost, da se manje jedinice grade sa povoljnijim brojevima okretaja bez obzira na ograničenja propisana frekvencijom električnih generatora.

Uza sav napredak parnih postrojenja iskorišćivanje je energije u motorima sa unutarnjim sagorjevanjem još uvijek bolje.

Plinski motori (benzinski) sa težinom od 0,4 kg po ks prilagodili su se u velikoj mjeri zahtjevima prometa (automobilizma i avijatike), što uvjetuje velike brojeve okretaja, do 4000 u min, upotrebu najboljeg materijala i osobito brižnu konstrukciju i izvedbu. Daljnjim umanjivanjem potroška goriva na manje od 220 gr po ksh, što odgovara korisnom efektu od 28%, mogao bi se akcijoni radius prometala još povećati.

Za iskorišćivanje velikih množina plina, što se dobivaju kao nusprodukt kod prerade ugljа i kod visokih peći, još su uvijek od parnih strojeva povoljniji stabilni plinski motori, jer oko 30% energije plina pretvore u mehaničku radnju, a izvode se u jedinicama do 10000 ks.

Motori na upojni plin moć će se, osobito kod nas, još mnogo proširiti, iza kako je uspjelo savladati poteškoće, koje su prvobitno nastale kod upotrebe otpadaka drva u plinskom generatoru.

Dieselovi su se motori radi svojeg dobrog koeficijenta iskorišćivanja od preko 36% proširili na razna područja i razvijaju se u raznim smierovima. Stacijonarni motori do jedinica od 15000 ks, sa težinama od 25 kg po ks, sa uspjehom se upotrebljavaju za pokrivanje kratkotrajnih vršaka opterećenja u električnim centralama. Eliminiranje kompresora za uštrcavanje goriva, dvotaktni način rada i povećanje broja okretaja preko 600 u min, daje jednostavniju konstrukciju i umanjivanje težine na 7 do 16 kg po ks, pa je to sve omogućilo jeftiniju proizvodnju Dieselovih motora. Konačno je uspjelo umanjivanjem težine do 1,4 kg po ks osposobiti Dieselov motor i za upotrebu na automobilu, pa i na avijonu, osobito nakon što Acro-metoda za akumulaciju zraka dopušta brojeve okretaja do 3000 u min. Povoljni rezultati mogu se očekivati i od Büchli-metode za povećanje učina punjenjem zraka.

Pitanje reverziranja i regulacije broja okretaja u velikim granicama, koje traži upotreba Dieselovog motora na brodovima i lokomotivama, zasada je riješeno obavljanjem tih funkcija u prenosnim organima.

Ako uspije potpuna praktična provedba prvotne zamisli samog Diesela, t. j. upotreba ugljenog praha za pogon motora, značilo bi to veliki napredak. Takav pokusni motor radi istina već više godina u pogonu, ali se ipak još nije dalje proširio.

Plinska turbina, za koju su dali poticaj uspjesi parne, još nije u svom razvoju došla dalje od pokusnih izvedaba.

Za sistematsko je gospodarstvo energijom od velikog značenja i njen prenos i razdioba. Elektrotehnika je najvažnije sredstvo za prenos i razdiobu energije, tako važno, da se često, i ako neopravdano, elektrifikaciji daje značenje gospodarstva energijom. Ima potrošača energije, koje elektrifikacija ne može obuhvatiti, a koji se ipak kod rješavanja problema energije moraju uzeti u obzir.

Sve veća koncentracija proizvodnje električne energije od blokovnih i mjesnih električnih centrala do okružnih, pokrajinskih i državnih provodila se i provodi se sa svrhom, da se poveća racijonalnost, da se dakle razmjerno umanje investicijoni i pogonski troškovi, a nejednakosti konzuma da se izjednače. Ali su stupnju koncentracije stavljene granice ekonomskim okolnostima, kao što su gustoča konzuma, industrijski razvitak i smještaj izvora energije.

Električni strojevi, rasklopna postrojenja i prenosni vodovi, koji su morali zadovoljavati uvijek novim zahtjevima, nalaze se još i danas u stanju razvijanja i usavršavanja.

Najveći broj okretaja od 3000 u min., uopće moguć kod frekvencije od 50 Hz, može se obzirom na čvrstoću materijala upotrebiti zasada do učina od blizu 60000 kVA. Turbogeneratori većih učina, sve do 208000 kW, moraju se još graditi sa manjim brojem okretaja. U kolikoj će se mjeri sadanji najveći učin generatora za pogon vodenim turbinama od 36000 kVA kod 252/300 okr/min u izvedbi sa vertikalnom osovinom moći povećati, ovisit će u glavnom od razvoja vodenih turbina. Izvedbom generatora za montažu pod vedrim nebom postizava se uštednja na građevnim troškovima. Velike jedinice i dobra izolacija omogućuju gradnju generatora već do napona od 33 kV.

Razvoj će transformatora predvidivo preći jedinice od 60000 kVA i napon od 220 kV u koliko se bude pokazala potreba.

Velike energije koncentrirane u pojedinim centralama i strojevima u vezi sa visokim naponima stavljaju osobito teške zahtjeve na rasklopna postrojenja, odnosno aparate.

Uljne sklopke u svojoj sadanjoj formi ne pružaju više dovoljne sigurnosti za nesmetani pogon. Događaju se eksplozije. Dali će sklopke sa komprimiranim zrakom ili ekspanzijone sklopke zadovoljiti svim zahtjevima pogona, ne može se još predvidjeti, jer se obje konstrukcije nalaze u stanju pokusa.

Stvaranjem mreža visokog i najvišeg napona, koje vežu velike energije, nastala je potreba, da se konstruiraju selektivni zaštitni aparati za izlučivanje linija mreže, u kojima je nastupila prevelika jakost struje ili kakov defekt (kratki ili dozemni spoj). Sa raznim relejima postignuti su na tom polju već znatni uspjesi.

U izgradnji nadzemnih vodova visokog napona, do 380 kV, uspjelo je svladati poteškoće izolacije i korone. Izolatori su usavršeni, a vodovi se grade kao šuplja užeta. Sada se prešlo na konstruiranje podzemnih kabla za visoke napone, pa se već polažu kabli za 110 kV.

Ocrtano stanje na polju strojarske tehnike i elektrotehnike odlučno utječe na sveukupno gospodarstvo energijom i određuje granice, u kojima se može kretati rješavanje problema.

Put do sistematskog gospodarstva energijom.

Praktična je svrha svakog tehničkog rada ekonomska, pa će se i osnova za sistematsko gospodarstvo energijom u Jugoslaviji u prvom redu obazirati na ekonomski rezultat. Međutim ima i drugih faktora, koji se moraju uzeti u obzir, sve ako bi uvjetovali i slabiji ekonomski uspjeh, kao na pr. zahtjevi narodne obrane. U nekim granama gospodarstva energijom moramo biti neovisni od inozemstva bilo i uz stanovite ekonomske žrtve.

Polazeći sa stanovišta štednje u najširem nacijonalno-ekonomskom smislu, morali bismo iskoristiti najprije vodene energije, pošto one propadaju, u koliko se ne iskorišćuju, a tek poslije vodenih snaga, odnosno za one konzumente, koji se ne mogu opskrbiti energijom iz vodene snage, smjeli bismo trošiti ugljene rezerve, koje se mogu štediti. Korist takove štednje očitovala bi se u punom opsegu tek u vremenskoj periodi iza 1000 godina, jer naše ugljene rezerve mogu sadanju potrebu zadovoljavati za više od 1000 godina. Naprotiv bi isključivo trošenje vodene snage moglo biti protivno principu štednje obzirom na sadašnjost, ako jedinica radnje dobivena iz vodene snage stoji na mjestu potrošnje više od jedinice radnje dobivene iz ugljena. U tom bismo slučaju u interesu štednje ugljenih rezerva trošili razmjerno više drugih ekonomskih dobara, što se nikako ne može opravdati zahtjevom štednje, koja mora obuhvatati sva ekonomska dobra. Proizvodna cijena jedinice radnje na mjestu potrošnje za svaku vrst konzumenata služi dakle kao mjerilo štednje.

Gospodarstvo energijom mora uzeti u obzir sve konzumente. I one, koji ne mogu upotrebiti električnu energiju, kao što su brodarstvo, automobilizam i avijatika, a ne samo one, koji se mogu koristiti električnom energijom. I od tih posljednjih ostaju još neki, koji dolaze samo uvjetno u obzir kao potrošači električne energije, a to su potrošači topline, bilo u industriji, bilo u obrtu ili kućanstvu.

Za opskrbu konzuma prve kategorije, t. j. brodarstva, automobilizma i avijatike naši izvori energije u današnjem stanju gospodarstva energijom ili su nepovoljni ili uopće nisu sposobni.

Upotreba mrkog ugljena na brodovima povećava mrtvi teret i umanjuje akcijoni radius. U normalnim prilikama možemo upotrebljavati prvoklasni inozemni ugalj, ali u izvanrednim prilikama mogu nastupiti poteškoće u dobavi. Onda ćemo za nuždu moći izlaziti sa domaćim mrkim ugljenom. Pitanje dakle nije od presudnog značenja.

Automobilizam su i avijatika naprotiv danas posve ovisni od uvoza inozemne nafte. Zadaća će gospodarstva energijom biti, da omogući njihovo snabdjevanje pomoću domaćih izvora energije, jer je tu potrebna potpuna neovisnost od inozemstva u izvanrednim prilikama, pa bilo i uz cijenu nekih ekonomskih žrtava.

Općenita elektrifikacija ima da preuzme opskrbu svih konzumenata druge kategorije, koji bezuvjetno dolaze u obzir kao potrošači električne energije. Proizvodnja električne energije koncentrirat će se u malom broju velikih centrala smještenih u prvom redu na izvorima energije. Samo u izuzetnim slučajevima bit će ekonomski opravdano proizvodnju smjestiti u centar potrošnje. Redovito će daleki vodovi preuzeti transport i razdiobu električne energije po cijelom konzumnom području i međusobnu vezu izvora energije. Ipak u područjima sa malom gustoćom konzuma može biti opravdana izgradnja manjih okružnih ili mjesnih centrala.

O opskrbi uvjetnih potrošača električne energije odlučit će ekonomski momenti. Gdje im je moguće staviti na raspolaganje osobito jeftinu, na pr. otpadnu, električnu energiju, upotrebit će se ista u prvom redu. U drugom slučaju morat će se opskrbiti gorivom, bilo plinom, bilo produktima ugljena, bilo drvom.

Za sveukupno sistematsko gospodarstvo energijom mogli bismo postaviti ovaj program:

Glavni su izvori energije vodena snaga i fosilni ugljen i na njima bazirat će opće gospodarstvo energijom.

Na povoljnim mjestima uz nalazišta ugljena postavit će se velike električne centrale spojene sa uređajima za oplemenjivanje uglja. Tu će se iz ugljena shodnom metodom najprije izvaditi tečna goriva, teška i laka ulja, koja će služiti za potrebe automobilizma, avijatike i onih konzumnih područja, što radi malene gustoće konzuma ne mogu dobiti priključka na opću mrežu elektrifikacije. Kruti produkti procesa oplemenjivanja uglja namijenjeni su brodarstvu. I željeznički će promet djelomično upotrebljavati tečne i krute produkte oplemenjivanja uglja, u koliko ne bi elektrifikacija nekih linija bila rentabilna. Plin, koji se kod prerade uglja dobiva, vodit će se, u koliko bude rentabilno, do potrošača topline. Samo otpatci ugljena, koji ne budu sposobni za preradu, nadalje u druge svrhe nepotrošeni kruti i plinoviti produkti prerade uglja pretvarat će se u samoj centrali u električnu energiju i u toj formi transportirati do potrošača.

Paralelno sa izgradnjom kaloričnih električnih centrala teć će u toj prvoj periodi organizacije sistematskog gospodarstva energijom i postavljanje dalekih vodova za razdiobu električne energije na veća područja (banovine). Istodobno morat će se početi i sa elektrifikacijom najpovoljnijih željezničkih linija.

Kada bude na taj način konzumno područje pripravljeno, bit će u drugoj periodi moguće racijonalno iskorišćivanje velikih vodenih snaga. Davanje glavnog dijela energije preuzet će onda hidrocentrala, a proizvodnja kaloričnih ravnat će se u glavnom prema potrebama oplemenjivanja uglja i pokrivanja manjaka vodene snage. Ujedno će početi vezanje većih područja međusobno državnom mrežom najvišeg napona.

U daljnjoj, trećoj, periodi, razvitak bi konzuma sam po sebi davao smjernice, koji i kakovi izvori energije će se iskoristiti.

Za razvitak je konzuma u svim periodima razvoja od najveće važnosti tarifna politika, koja određuje prodajnu cijenu energije. Amortizacija, za investicije i otpisivanje tehničkih uređaja mora se predvidjeti na dosta duge rokove, da cijena za jedinicu radnje bude dosta niska i da se tako podiže konzum. Dobrom se tarifnom politikom mogu umanjiti vršci opterećenja i povećati uporabno vrijeme, što povoljno utječe na proizvodne troškove.

Izrada opće osnove za sistematsko gospodarstvo energijom mora bazirati na što točnijem poznavanju karaktera i prostorne razdiobe svih vrsti konzumenata, a mora uzeti u obzir vrst i položaj izvora energije. Prve bi se predradnje dakle imale odnositi na temeljito proučavanje konzuma i izvora energije. Za svaku vrst konzuma i za sva područja države moraju se izraditi katastri, koji će uzeti u obzir i sve faktore, što mogu utjecati na budući razvoj. Isto se moraju još izraditi, odnosno nadopuniti katastri za izvore energije, osobito za fosilni ugljen i vodene snage. Nadalje će se morati proučiti i istražiti metode oplemenjivanja naših vrsti ugljena i naći mjesta najpovoljnija za iskorišćivanje vodene snage.

Tehnički fakultet i problem energije.

Provedba je sistematskog gospodarstva energijom jedan od najvažnijih privrednih problema naše države, čije će riješenje zahtijevati mnogo truda, rada i žrtava. Rad taj možda ne će donositi pojedincima neposredne koristi, pa ga treba shvatiti sa višeg, idealnog stanovišta.

Za izradu osnove i praktičnu provedbu gospodarstva energijom u Jugoslaviji trebat će mnogo sposobnih inženjera ne samo strojarske i elektrotehničke struke, nego i građevinske i kemičarske, koji će poznavati problem energije uopće, a napose pitanje sistematskog gospodarstva energijom u Jugoslaviji i koji će biti voljni, da se dadu na zajednički idealni rad, bez obzira na to, dali će im taj rad donositi neposredne lične koristi. Takovi se inženjeri mogu odgajati samo na domaćim tehničkim fakultetima, jer na stranima ne će imati prilike da se upoznaju sa problemom energije u Jugoslaviji.

ZUSAMMENFASSUNG.

Das Energieproblem.

Die Energievorräte Jugoslaviens betragen:

Jährlich ausnutzbare Energie d. Wasserläufe schätzungsweise . . .	$20 \cdot 10^{12}$ kcal
» » » » Pflanzen (Brennholz) schätzungsweise	$6{,}8 \cdot 10^{12}$ »
Energie d. gesamten fosilen Kohlenvorräte schätzungsweise	$35 \cdot 10^{15}$ »
Kohlenförderung im Jahre 1928	$20 \cdot 10^{12}$ »
Erdgasgewinnung im Jahre 1928	$9{,}3 \cdot 10^{9}$ »

Der nützliche Energieverbrauch an der Verwendungsstelle, geschätzt auf Grund der statistischen Unterlagen über den Verbrauch einzelner Energieträger im Jahre 1928 beträgt, nach Abzug sämtlicher Verluste der Energieumformung, insgesamt 4,37 Milliarden kWh. Die Beteiligung einzelner Energieverbraucher in Millionen kWh beträgt: Eisenbahnen 671 (15,4 vH), Schiffahrt 110 (2,5 vH), andere Verkehrsmittel 18 (0,4 vH), Kohlenförderung 120 (2,7 vH), Elektrochemie 360 (8,2 vH), industrieller Kraftbedarf 654 (15,0 vH), industrieller Wärmeverbrauch 916 (21,0 vH), Beleuchtung 72 (1,6 vH), gewerblicher Kraft- und Wärmeverbrauch 2,8 (0,1 vH) und Wärmeverbrauch in den Haushaltungen 1445 (33,1 vH). — Der künftige Energiebedarf wird voraussichtlich im grösseren Masse steigen, als es in Ländern mit bereits stärker entwickelter Industrie und höherem Lebenshaltungs-Niveau der Bevölkerung der Fall ist. — Die Betrachtung der charakteristischen Eigenschaften einzelner Energieträger und der technischen Hilfsmittel fü Energieumwandlung und-Verteilung ergibt allgemeine Richtlinien für Gestaltung der künftigen systematischen Energiewirtschaft Jugoslaviens.

Studije o kvantitativnom taloženju magnezium-amonium-fosfata.

V. Njegovan i V. Marjanović.

Do danas izrađen je već čitav niz radova o određivanju fosforne kiseline i magneziuma u obliku magnezium-pirofosfata. Većina tih radova nastoji da nađe najpovoljnije uvete taloženja i provedena je sa vrlo mnogo pažnje i truda, pa je napokon uspelo da se bar donekle razbistre uveti, koji povoljno ili nepovoljno uteču na rezultate analiza.

Mišljenja većine autora se često razlikuju u tome kako n. pr. deluju na taloženje, koncentracije prisutnih soli, a i temperatura. Vrlo je lako razabrati zašto se autori u tome razilaze. Ta činjenica se pojavljuje kod većine težih problema, a sastoji se u tome, da pojedinac ne razabira dosta jasno okolnosti, koje uteču na neku metodu. Tako se je kod taloženja fosforne kiseline ili magneziuma ispitivao utecaj koncentracije amonijaka ili amonijumovih soli; izveden je čitav niz analiza i promatrana je promena rezultata tih analiza sa promenom koncentracije amonijumovih soli. Mi znademo međutim da se sa promenom koncentracije amonijumovih soli menja i koncentracija OH', HPO_4'' i PO_4''' u rastopini i to dosta znatno, tako da i te koncentracije uteču na rezultat. Daljnji faktori, koji uteču su i temperatura, pa redosled kojim se hemikalije dodavaju kod taloženja, sastav dodane rastopine soli i t. d.

Razni autori nisu uvek uočili s v e faktore kod svojih istraživanja; jasno je da se onda moraju razilaziti njihova mišljenja o utecaju amonijaka, amoniumovih soli, redosleda dodavanih soli magneziuma odnosno fosfata, koncentracije, temperature kod taloženja i t. d.

Najvažniji radovi o određivanju fosforne kiseline i magneziuma potječu od G i b b s-a,[1] N e u b a u e r a,[2] G o o c h i A u s t i n-ove,[3] J ä r v i n e n-a,[4] S c h m i t z-a,[5] J ö r g e n s e n-a,[6] B u b e-a,[7] W i n k l e r-a,[8]

[1] Am. J. sci. (Sill) (3) **5** (1873) 114; Zt. f. anal. Ch. **12** (1873) 306; Chem. N. **28** (1873) 51; J. B. **1873** 933.

[2] Zt. f. anorg. Ch. **2** (1892) 45; **4** (1893) 251; **10** (1895) 60; Zt. f. angw. Ch. **9** (1896) 439; Zt. f. anorg. Ch. **22** (1895) 162; J. B. **1896** 2140.

[3] Am. J. sci (Sill) (4) **7** (1899) 187; C. B. **1899** I. 903; Zt. f. allg. u. anorg. Ch. **20** (1899) 121; **22** (1900) 163.

[4] Zt. f. anal. Ch. **44** (1905) 333; C. B. **1905.** II. 515; J. B. **1905/08.** 2401; Zt. f. anal. Ch. **43** (1904) 279.

[5] Zt. f. anal. Ch. **45** (1906) 512.

[6] Mem. de l'Acad. R. des Sciences et des Lettres de Danemark. Copenhague 7me Serie. Sect. des Sciences t. II. No—1905.; Zt. f. anal. Ch. **45** (1906) 273; 50 (1911) 337;

[7] Zt. f. anal. Ch. **49** (1910) 525;

[8] Zt. f. angw. Ch. **31** (1918) I. 211;

Balarev-a,[9] Majdel-a.[10] Osim toga imade još čitav niz manje važnih radova.

Ne možemo se upuštati u detaljno analiziranje sviju radova na tom području, osvrnut ćemo se samo na neke, koji su po našem mišlenju najvažniji za tumačenje procesa, koji nastaju kod taloženja fosforne kiseline ili magneziuma, prema tome i za tumačenje uzroka pogrešaka kod pojedinih metoda.

Prva metoda za određivanje magneziuma kao magnezium-pirofosfat potječe od Heinza, a nalazi se u drugom izdanju Freseniusovog udžbenika od 1847.[11] Čini se da su se vremenom pokazale teškoće kod određivanja, jer Fresenius u izdanju od 1875. već spominje, ako tko, bilo s kog razloga drži da talog nije posve čist, neka ga rastopi u sônoj kiselini i ponovno taloži sa amonijakom. Fresenius je inače bio uveren da je njegova metoda vrla egzaktna.

Mohr[12] traži drugi reagens za taloženje pa uzima na mesto običnog natrium-fosfata, natrium-amonium-fosfat.

Gibbs je kod svoje metode upotrebio od Mohr-a preporučeni natrium-amonium-fosfat. Osim toga je nastojao da promeni uvete taloženja, jer ga nisu zadovoljavali rezultati dobiveni dosadanjim metodama. Taložio je kod temperature vrenja.

Do tog vremena su autori samo nastojali da dobiju dobre rezultate na taj način da su menjali uvete taloženja i promatrali njihov utecaj na rezultat. Neubauer je prvi, koji je promatrao razne pojave kod taloženja i nastojao da nađe tumačenje pogreškama i uvete uz koje se može tim pogreškama izbeći. On govori o određivanju fosforne kiseline, a taloži kod sobne temperature, te postavlja tri razna stanja, koja mogu nastati kod taloženja forforne kiseline.

I. Taloži se iz neutralne ili amonijakalne rastopine, koja ne sadržaje magnezijumovih soli u suvišku. Amoniumove soli onda deluju na taj način da umanjuju množinu magneziumovih soli u talogu, tako da ovaj sadržaje manje magneziuma, nego što to normalnom sastavu magnezium-amonium-fosfata odgovara, zato kod jakog žarenja hlapi nešto fosforne kiseline i rezultat je prenizak.

II. Taloži se uz suvišak magneziumovih soli, a za vreme taloženja nema nikad amonijaka u suvišku, rezultati su dobri, talog je normalnog ispravnog sastava.

III. Taloži se uz suvišak amoniumovih soli, a za vreme taloženja imade amonijaka u suvišku. Sada se uz magnezium-amonium-fosfat taloži i magnezium-hidroksid, žaren talog sadrži magnezium-oksida i to više, nego je potrebno, rezultati su previsoki.

Na temelju tih triju pretpostavka izradio je Neubauer metodu, koja ga nije zadovoljavala, kako ćemo posle videti.

Gooch i Austin su metodu Gibbs-a modificirali tako, da su nakon taloženja 3—5 minuta kuhali.

---

[9] Zt. f. allg. u .anorg. Ch. **101** (1917) 229; **102** (1918) 239; **106** (1919) 268; **117** (1921) 91; Kolloidch. Beihefte **30** (1930) 249.

[10] Tehn. List VII. god. br. 6 (1925) 82; br. 16 (1925) 241; Arhiv za Hem. i Farmac. I. (1927) 216.

[11] Dr. C. Remigius Fresenius: Anleitung zur quantitativen Chemischen Analyse, Zweite Auflage Braunschweig 1847.

[12] Zt. f. anal. Ch. **12** (1873) 36; J. B. **1873** 933.

Järvinen je dobio po Gibbs-ovoj metodi previsoke rezultate, pa je izradio sam metodu. On diamonium-fosfat polagano kapa u rastopinu magnezium-soli, koja je zapravo neutralna. Nakon dovršenog taloženja dodaje još amonijaka, te nakon stajanja od 2 sata filtrira.

Jedan vrlo važan rad poteče od Schmitz-a. On je na temelju gore navedenih pretpostavka od Neubauer-a izradio metodu za određivanje fosforne kiseline, koja je davala vrlo točne rezultate, kad se je radilo točno po propisu; ona se je mogla upotrebiti i za određivanje magneziuma, a bila je isto tako točna.

Jörgenson je prvi promatrao utecaj dodatka amonium-hlorida, zatim temperature, pa stajanja, na rezultate; te je prema svojim opažanjima modificirao dosadanje metode za određivanje fosforne kiseline u umetnim gnojivima.

Kako smo već spomenuli Neubauer je bio prvi, koji je tražio uzroke pogrešaka koje mogu nastati za vreme taloženja, te je postavio svoje tri pretpostavke. Bube je sada te pretpostavke Neubauer-a nastojao potvrditi i to na taj način da je gledao da dobije u čistom stanju spojeve, za koje je Neubauer naslućivao da nastaju uz razne uvete za vreme taloženja, pa je tako dobivene spojeve dalje istraživao.

Winkler je dao niz metoda za gravimetrijsko određivanje magneziuma. Taloži iz klučajuće rastopine uz određenu množinu amonium-hlorida i amonijaka, naknadnim dodavanjem dinatrium-fosfata. Važe kao magnezium-amonium-fosfat ili magnezium-pirofosfat.

Balarev je podvrgao kritici sve radove, koji su izrađeni do 1921. On se je uverio da su sve navedene metode, metode kompenzacije. Eksperimentalno je pokazao, da rezultati za fosfornu kiselinu mogu biti dobri i ako se žaren talog ne sastoji iz čistog pirofosfata. Šta više se pokazalo da su granice dozvoljene nečistoće taloga, a ipak ispravnog rezultata, vrlo velike.

Razni prigovori potakli su Schmitz-a da je svoju radnju od 1906. ispitao i uveo jednostavniji način rada. On je opazio da dobiva bolje rezultate, ako se u rastopini nalazi amonium-molibdata. Čista rastopina fosforne kiseline ili njena alkalijska sô ne daju tako sigurno dobre rezultate. Čini se kao da taj amonium-molibdat deluje kao regulator. Tu istu pojavu je opazio Schmitz, kad je odelivao Ca i Mg u acetat-rastopini, rezultati za magnezium su bili dobri. Po svoj prilici ovde deluje amonium-acetat kao gore amonium-molibdat, kao regulator, on potiskuje radi svoje velike disocijacije topljivost magnezium-amonium-fosfata. Na temelju toga opažanja izradio je Schmitz[13] ponovno metodu za određivanje fosforne kiseline uz dodatak amonium-acetata. Najveću pogrešku je dobio do 0,3%.

I. Majdel i R. Zupanec[14] su ispitivali utecaj amoniumovih soli na određivanje magneziuma po Schmitz-u od 1906. Promatrali su rezultate dobivene menjanjem dodane količine amonium-hlorida. Pokusima su pokazali, da su uz malene količine amonium-hlorida rezultati za MgO preniski i to do 3,4%. Najpovoljnije rezultate su dobili kada je dodana množina amonium-hlorida bila 19,6 puta veća od MgO. Gubitak je tada iznosio samo 0,25%. Kad su dalje povećali množinu amonium-hlorida dobili su opet sve manje rezultate, pa su ti rezultati kod 36,86 puta veće

[13] Zt. f. anal. Ch. **65** (1924—25) 46.
[14] Teh. List VII. god. br. **6** (1925) 82; Arhiv za Hem. i Farm. **1.** (1927) 216.

količine amonium-hlorida prema magnezium-oksidu bili za 1,08% preniski. Došli su prema tome do zakijučka da je bolje uvek raditi sa suviškom amonium-hlorida, nego sa premalo. Osim toga ako je nepoznata množina amonium-hlorida u rastopini, najbolje je da se amonium-soli pre taloženja isteraju.

Majdel[15] je dalje u jednoj drugoj publikaciji ispitao utecaj amonium-oksalata, a zatim amonium-oksalata i amonium-hlorida zajedno, na rezultate dobivene po Schmitz-ovoj metodi od 1906. Male količine amonium-oksalata ne deluju na rezultat, no sa povećanjem dodatka amonium-oksalata raste i pogreška t. j. gubitak na MgO. Majdel je uz amonium-oksalat pokušao dodavati i amonium-hlorid, da vidi ne će li možda ovaj poslednji umanjiti utecaj oksalata, ali se pokazalo da je amonium-hlorid u tom slučaju bez ikakvog delovanja. Prema izvedenim pokusima uverio se Majdel da je potrebno kod taloženja po Schmitz-u: a) izbegavati veće količine amonium-oksalata t. j. kalcium taložiti samo s onoliko amonium-oksalata, koliko je potrebno da se čitav istaloži; b) raditi po mogućnosti sa malim volumima; c) ako se imade malo magneziuma, a treba ga točno odrediti, onda treba amonium-oksalat pre taloženja razoriti; i d) u prisutnosti amonium-oksalata izlučuje se magnezium-amonium-fosfat polaganije, pa se nakon taloženja mora ostaviti nekoliko sati stajati, a tek onda filtrirati.

Spomenuli smo ukratko metode, koje u glavnom prikazuju razvitak taloženja magneziuma odnosno fosforne kiseline kao magnezium-amonium-fosfat. Sada treba da u kratko prikažemo radove Bube-a i Neubauer-a jer se današnje mišlenje o procesima koji nastaju za vreme taloženja magneziuma i fosforne kiseline, kao i o uzrocima pogrešaka osniva u glavnom na njihovim radovima.

Kako smo već ranije spomenuli Neubauer je bio prvi, koji je nastojao da dade tumačenje pogreškama kad taloženja magneziuma i fosforne kiseline kao magnezium-fosfat i postavio je svoje tri gore spomenute pretpostavke.

Bube je nastojao te pretpostavke potvrditi. Zato je najpre gledao da dobije spojeve, za koje je Neubauer pretpostavljao da nastaju u čistom stanju, a onda ih je dalje istraživao. Ti spojevi su sledeći: $Mg_3(PO_4)_2$, $MgHPO_4$, $Mg(NH_4)_4(PO_4)_2$, $MgNH_4PO_4.6aq.$, $MgNH_4PO_4.1aq.$, $Mg(OH)_2$.

Kad je dakle Bube dobio te soli čiste, istraživao je dalje kako se one ponašaju prema vodi i rastopinama raznih soli kod raznih temperatura. Najveću važnost je Bube polagao na to, da odredi topljivost tih spojeva u vodi i raznim rastopinama soli i vreme otapanja t. j. brzinu otapanja. Radio je te pokuse zato da se orijentira, koliko ostane uz razne uvete magneziuma ili fosforne kiseline otopljeno, a koliko se rastopi za vreme ispiranja i tako izbegne gravimetrijskom određivanju. Nadalje da vidi, da li rastopine soli menjaju talog već istaložen na dnu.

Bube je nastojao najpre da nađe soli, koje bi mu bile najprikladnije da ih upotrebi kao izvorne supstance za svoja istraživanja. To su morale biti soli, koje se lako dobiju u čistom stanju i kojima se lako može odrediti točan titar.

On je izabrao za izvorne supstance natrium-amonium-fosfat i magnezium-sulfat.

---

[15] Tehn. List VII. god. br. 16. (1925) 241.

Prvu pozornost obratio je temperaturi taloženja. Opazio je da o temperaturi kod koje se taloži ovisi, hoće li ispasti magnezium-amonium-fosfat sa 6aq. ili magnezium-amonium-fosfat sa 1aq. ili opet smesa obaju hidrata. Odredio je zatim, da je topljivost tih hidrata razna kod raznih temperatura, dapače da i temperatura sobe deluje na topljivost tih hidrata. Kod temperature od 48—49°C pretvaraju se ti hidrati pod vodom jedan u drugi. I to tako da iznad 47—48°C postoji samo monohidrat, a ispod te temperature samo heksahidrat. Prema tomu bi iznad temperature od 47—48°C bio topljiviji heksahidrat, a ispod te temperature monohidrat. Do 47°C izgleda da su obe soli stalne. Pretvorba jednog hidrata u drugi u matičnom lugu, koji se sastoji od $MgCl_2 + NH_4Cl + NH_4OH$ jest kod nešto više temperature. Topljivost smese hidrata je razna, a ovisi o sastavu smese t. j. koliki je omer pojedinih hidrata u smesi, te varira kod 25°C od 0.08—0,135 g u l.

Ako se iznad temperature pretvorbe (48°C) radi sa heksahidratom, a ispod te temperature sa monohidratom lako se dogodi, da se većina magnezium-amonium-fosfata hemijski promeni i veći deo fosforne kiseline da se rastopi. Nastaje neka vrsta hidrolize magnezium-amonium-fosfata i izlučuje se trimagnezium-fosfat. Osim toga nastaje $MgHPO_4$ koji se razmerno lako topi u vodi.

$$3MgNH_4PO_4 \rightleftarrows Mg_3(PO_4)_2 + PO_4''' + 3NH_4^{\cdot}$$
$$MgNH_4PO_4 + H_2O \rightleftarrows MgHPO_4 + NH_4OH$$

Topljivost je određivao B u b e s pomoću vodljivosti. Vodljivost je merio po K o h l r a u s c h-ovoj metodi i to u B ö t t g e r-ovim posudama za zasićenje (Sättigungsgefäss). Kod jednostavnih supstanca bilo je vrlo lako s pomoću vodljivosti odrediti koncetraciju t. j. množinu otopljene supstance, ali kod supstanca, kod kojih nastaje hidroliza bilo je nešto teže, jer vodljivost nije bila u točnom odnosu sa rastopljenom supstancom, pa je trebalo osim vodljivosti još i direktno odrediti koncetraciju radi točnosti.

B u b e je nadalje s pomoću vodljivosti dokazao, da je u vodenoj rastopini 97%-magnezium-amonium-fosfata hidrolizirano u trimagnezium-fosfat. Opazilo se da ta hidroliza osim u vodi, nastaje i u slabo kiseloj i u alkalijskoj rastopini.

B u b e je zatim dokazao da $Mg^{\cdot\cdot}$, OH', PO_4''' i HPO_4'' umanjuju topljivost magnezium-amonium-fosfata. $H^{\cdot}$ već u vrlo maloj koncentraciji povisuje tu topljivost.

$NH_4^{\cdot}$ se vlada na dva načina i to: kod niske koncetracije potiskuje topljivost, a kod visoke koncentracije povisuje. Promatramo li primarni proces kod rastapanja to jasno vidimo zašto $NH_4^{\cdot}$ smanjuje topivost.

$$Mg\,NH_4PO_4 \rightleftarrows Mg^{\cdot\cdot} + NH_4^{\cdot} + PO_4'''$$

Daljnji tok procesa rastapanja pokazuje nam

$$NH_4^{\cdot} + PO_4''' + H_2O \rightleftarrows NH_4\,OH + HPO_4''$$

da $NH_4^{\cdot}$ mora povisiti topljivost, jer smanjuje koncentraciju produkta primarnog procesa PO_4'''.

n/100-rastopina dinatrium-fosfata također snizuje topivost, što je jasno, jer sadrži HPO_4'' i PO_4'''.

Kod J ö r g e n s o n-ove metode je B u b e pokazao, da se vrlo lako uz magnezium-amonium-fosfat taloži i magnezium-hidroksid. Potreban je

naime neki maksimalni odnos između koncetracije amonijaka i amonijum-hlorida, kod kojega se još nebi izlučio magnezium-hidroksid. Taj odnos je prema uvetima koji vladaju kod Jörgenson-ove metode prekoračen, pa se izlučuje $Mg(OH)_2$.

Kod taloženja mora se računati i sa ispadanjem amonium-fosfata uz stanovite uvete.

Prema opažanjima Bube-a mogu dakle nastati kod određivanja fosforne kiseline ili magneziuma razne pogreške. Za tumačenje tih pogrešaka vrlo je važno mišlenje Neubauer-a, jer je on prvi, koji je nastojao da rastumači te pogreške i postavio već spomenute tri pretpostavke.

Niže iznosimo kratki prikaz primedaba Bube-ovih na spomenute tri tačke Neubauer-a.

Što se tiče prve točke Neubauer-a, to ona vredi kod vrlo malenih koncetracija fosforne kiseline. Pokazalo se da fosforna kiselina hlapi i ako se nalazi u rastopini suvišak magnezium-soli. Ta hlapljivost fosforne kiseline tumači se na razne načine, a pravi se uzrok još nezna stalno. Neubauer i Bube drže, da uz veliku množinu amoniumovih soli ispada pokraj magnezium-amonium-fosfata i $Mg(NH_4)_4(PO_4)_2$ koji se žarenjem raspada u amonium i u metafosfat po sledećoj šemi:

$$Mg(NH_4)_4(PO_4)_2 = Mg(PO_3)_2 + 4NH_3 + 2H_2O$$

Nastali metafosfat kod više temperature prelazi u magnezium-pirofosfat i anhidrid fosforne kiseline, koji kod jakog žarenja hlapi.

$$2Mg(PO_3)_2 = Mg_2P_2O_7 + P_2O_5$$

Neubauer je tu hlapljivu fosfornu kiselinu direktno dokazao sa Tollens-ovom reakcijom i hvatao ju vrlo originalnim načinom. Balarev sumnja u osetljivost te reakcije.

Hlapljivost fosforne kiseline može se tumačiti i na taj način, da se uz magnezium-amonium-fosfat taloži posve neovisno i amonium-fosfat, koji naknadno ne pređe posve ili delomice u magnezium-amonium-fosfat, pa žarenjem hlapi P_2O_5. To se osobito onda događa, ako stoji pretpostavka Bube-a, da se amonium-fosfat stvoren za vreme taloženja uklopi u magnezium-amonium-fosfat tako, da ne može nikako naknadno preći u magnezium-amonium-fosfat. U tom slučaju ne koristi niti suvišak magnezium-soli za vreme taloženja. Balarev negira tu pretpostavku Bube-a i pripisuje te spojeve nečistoći preparata s kojima je Bube po njegovom mišlenju radio.

Neubauer je dobio dobre rezultate kad je polagano taložio. Ako vredi da se stvoreni amonium-fosfat naknadno pretvara u magnezium-amonium-fosfat onda je jasno, da je kod polaganog taloženja morao i dobiti dobre rezultate, jer je eventualno nastali amonium-fosfat imao vremena da pređe u magnezium-amonium-fosfat.

Prema tome je i ispravno opažanje Jörgenson-a, koje je učinio, kad je posle taloženja ostavio talog s rastopinom stajati, da vidi delovanje stajanja na rezultat. Pustio je stajati najpre 4 sata, a onda 24 sata. Talog posle stajanja od 4 sata dao je prenizak rezultat, a onaj poslije 24 sata dao je dobre rezultate. Po svoj prilici vreme od 4 sata nije bilo dostatno da amonium-fosfat pređe u magnezium-amonium- fosfat, dok se ta pretvorba zbila u vremenu od 24 sata.

Järvinen je nastojao da izbegne smetnji, koja bi nastala eventualnim taloženjem amonium-fosfata tako, da je promenio redosled taloženja. On pušta teći u rastopinu magnezium-soli slabo alkalijsku ili neutralnu rastopinu fosforne kiseline. Time je postigao to da imade PO_4''' uvek u vrlo maloj količini, pa ne postoji bojazan da će se stvoriti amonium-fosfat. Moguće je, da se u rastopini fosforne kiseline, koju se dodaje, a koja je alkalijska ili neutralna, već pre taloženja stvori nešto amonium-fosfata, ali taj će se vrlo brzo razići kad dođe u rastopinu magneziumovih soli.

Järvinen je pokušao da taloži magnezium po Gibbs-u pa je također i tom metodom dobio taloge, koji su žarenjem gubili znatne množine fosforne kiseline. Gibbs taloži magnezium iz vrele neutralne rastopine magnezium-soli sa suviškom natrium-amonium-fosfata. Nakon završenog taloženja dodaje jednu trećinu voluma 10%-nog amonijaka. Za vreme taloženja nalazi se magnezium uvek u suvišku, a rastopina ostaje kisela do neutralna. Po Neubauer-u bi uz te uvete morao nastati talog sa pravim omerom magneziuma prema fosfornoj kiselini. Ali pošto ima ipak hlapljive fosforne kiseline, mora se stvoriti i amonium-fosfat. Järvinen je dobio dobre rezultate kada je polagano kap po kap dodavao natrium-amonium-fosfat u rastopinu magnezium-soli. Filtrirao je posle 2 sata, ali je dobio i katkada i preniske rezultate, jer po svoj prilici još nije ispao čitav talog u roku od 2 sata.

Daljnja t. j. druga tvrdnja Neubauer-a jest ta, da uz suvišak magnezium-soli samo onda ispada ispravan talog t. j. čisti magnezium-amonium-fosfat, ako je za vreme taloženja prisutno samo toliko slobodnog amonijaka, koliko je potrebno za potpuno taloženje. Svaki suvišak amonijaka snizuje rezultat za magnezium. Neubauer je našao da su rezultati znatno viši, ako se amonijak dodaje naglo, nego li kap po kap. Ako se dodaje amonijak naglo to se u rastopini nalaze relativno visoke koncetracije $Mg^{..}$, OH' i PO_4''', pa su uveti za stvaranje $Mg_3(PO_4)_2$ i $Mg(OH)_2$ vrlo povoljniji. Najbolji se rezultati dobiju onda, kada se već čitav talog izlučio pre, nego li je rastopina postala alkalična. To je lako razumljivo. Tako dugo dok se u rastopini još nalaze veće množine fosforne kiseline i magnezium-soli, ostaju koncetracije OH' i PO_4''' uvek vrlo malene, tako da ne postoje uveti za istaloženje $Mg_3(PO_4)_2$ i $Mg(OH)_2$.

Neubauer se napokon odriče mogućnosti da dobije talog posve točnog sastava. On prema stečenom iskustvu predlaže, da se fosforna kiselina najpre taloži kao amonium-fosfor-molibdat, a onda da se po točnom propisu istaloži u obliku magnezium-amonium-fosfata. Eventualno nastali amonium-fosfat daje žarenjem P_2O_5 koji hlapi, time se imade gubitak fosforne kiseline, koji znade biti i do 3%. Neubauer predlaže da se za gubitak fosforne kiseline upotrebi korektura i on upotrebljava prilično visoke korekture:

na 0,2 g $Mg_2P_2O_7$ 3,4 mg
„ 0,3 „ „ 10,5 „

Upotreba tih korektura je vrlo nesigurna, jer već kod taloženja sa molibdenskom kiselinom može nastati amonium-fosfat, osim toga nije verojatno, da se uvek uz stanovitu množinu magnezium-amonium-fosfata stvara i ista odgovarajuća količina amonium-fosfata.

Nadalje su pokusi pokazali, da po Schmitz-ovoj metodi od 1906. ispada u početku pretežno $MgHPO_4$ radi toga se u glavnom dobivaju po toj metodi preniski rezultati. $MgHPO_4$ se naime lakše topi kod tempe-

rature sobe, nego $MgNH_4PO_4$, osim toga lako daje prezasićene rastopine, koje ostaju prezasićene i uz mešanje i uz veliki suvišak koncetracije amonijaka. Prema malo pre navedenom je jasno zašto se po Schmitz-ovoj metodi od 1906. dobivaju preniski rezultati.

Bube je također dobio po Schmitz-ovoj metodi od 1906. preniske rezultate, prem je ostavio stajati i po nekoliko sati nakon taloženja, a ne samo 10 minuta kako to Schmitz propisuje, a ujedno je i za vreme stajanja češće puta promešao, da pospeši taloženje. Stajanjem se znade pojaviti nova pogreška, a ta je da se dodatkom $^1/_5$ voluma 10%-nog amonijaka kako to propisuje Schmitz prekorači često produkt topivosti $Mg(OH)_2$. Tomu se protivi činjenica, da Schmitz gotovo nikada nema previsokih rezultata za fosfornu kiselinu, a i Bube je, kad je radio po Schmitz-u, dobio većinom preniske rezultate, prem su bili uveti za izlučenje $Mg(OH)_2$ vrlo povoljniji. Pojava, da rezultati ipak nisu previsoki tumači se time, da rastopina može biti vrlo jako presićena, a da se ipak ne izlučuje $Mg(OH)_2$. Treadwell je to i eksperimentalno dokazao. Toliko Bube.

Po staroj Schmitz-ovoj metodi od 1906. imademo dakle dve velike pogreške i to: ako se smesta filtrira nakon 10 minuta stajanja, bez mešanja, dogodi se da nije istaložena čitava fosforna kiselina, a ako se ostavi posle dodatka amonijaka dulje vremena stajati, može se izlučiti $Mg(OH)_2$. Analize Schmitz-a se vrlo dobro slažu, ali ipak nije lako uvete taloženja tako realizirati, da smo sigurni da će rezultati biti dobri. Zato je i Schmitz potaknut raznim prigovorima izradio novu metodu, koju smo već pre spomenuli.

U glavnom su do sada izrađene metode ispitane samo za određivanje fosforne kiseline s primjedbom, da se mogu upotrebiti i za određivanje magneziuma. Tako je i posljednja Schmitz-ova radnja od 1924. ispitana samo za fosfornu kiselinu, a ne za magnezium.

*

* *

Mi smo pokušali da rešimo taj problem na istom principu na kome smo izradili metodu za određivanje sulfat-iona kao barium-sulfat. U tom svom radu[16] smo pokazali da se dobivaju dobri analitički rezultati kod taloženja sulfat-iona kao bariumsulfat, iz ekstremnih koncetracija. Rezultati su zadovoljavali i uz prisutnost drugih iona (Cu, Fe, Al, Mg, K i Na). Ta činjenica stoji u skladu sa shvaćanjem Balareva,[17] koji uzimlje da je »unutarnja adsopcija« uzrok onečišćenja taloga. Ta unutarnja adsorpcija može biti znatna očito samo kod većih kristala, kod kojih se u unutrašnjosti mogu stvarati vakuole, pore i slično.

Kod visoke koncetracije taloži se barium-sulfat gotovo u koloidno disperznom stanju, time se umanjuje stvaranje unutarnjih vakuola na minimum, pa prema tome »unutarnja adsorpcija« ne može imati praktične važnosti.[18]

Na temelju te pretpostavke počeli smo izrađivati metodu, kod koje bi se magnezium-amonium-fosfat istaložio čist. Daljnjim radom se po-

[16] Arhiv za Hemiju i Farmaciju 1 (1927) 5; Zt. f. Ch. 73 (1928) 271; 74 (1928) 191.

[17] Kolloidchemische Beihefte 30 (1930) 249; (ovdje se nalazi sakupljena opširna literatura).

[18] Metodu za taloženje čistog barium-sulfata izradili smo samo za sulfat. Za barium se dobivaju i inače dosta dobri rezultati, jer je atomna težina bariuma vrlo velika; osim toga određivanje bariuma nema toliko praktične vrednosti.

kazalo, da je taj problem kompliciraniji od barium-sulfat-problema. Osim toga smo se uverili, da se taloženje čistog magnezium-amonium-fosfata za određivanje magneziuma bitno razlikuje od onog za određivanje fosforne kiseline. Bitna je naime razlika između pogrešaka, koje uteču na rezultat za magnezium, od onih, koje uteču na rezultat za fosfornu kiselinu. Prije spomenuti autori nisu tu razliku dovoljno uočili.

Mi smo se za sada ograničili samo na određivanje magneziuma. Čuli smo na pr. da se može uz magnezium-amonium-fosfat izlučiti i amonium-fosfat. Taj amonium-fosfat uzrokuje kod određivanja fosforne kiseline preniske rezultate, jer duljim žarenjem navodno hlapi (Neubauer) fosfor-pentoksid. Jasno je da bi nam kod određivanja magneziuma ta hlapivost fosfor-pentoksida šta više i dobro došla.

Ostali spojevi, koji bi mogli za vreme taloženja nastati, a smetali bi kod određivanja magneziuma jesu: $MgHPO_4$, $Mg_3(PO_4)_2$ i $Mg(OH)_2$.

$MgHPO_4$ nastaje prema dosadanjem iskustvu ako se taloži iz neutralne ili slabo alkalijske rastopine, ali dodatkom amonijaka u suvišku prelazi u magnezium-amonium-fosfat. Ako se taloži iz kisele rastopine nema verojatnosti da bi se mogao izlučiti $MgHPO_4$.

$Mg_3(PO_4)_2$ nastaje u glavnom usled rastapanja magnezium-amonium-fosfata, a produkt je hidrolize magnezium-amonium-fosfata. U tom slučaju se dobivaju preniski rezultati za magnezium, jer talog sadrži osim $Mg_2P_2O_7$ i MgO. Toj pogreški bi se prema dosadanjem iskustvu (Neubauer) moglo izbeći, ako je za vreme taloženja upravo toliko slobodnog amonijaka prisutno, koliko je potrebno da istaloži čitav magnezium. To treba da vredi i za $Mg(OH)_2$, koji se taloži uz suvišak amonijaka, a sprečava se njegovo taloženje ako je prisutno dovoljno amonium-soli i fosfat-iona.

Da se izbegne taloženje tih spojeva, koji smetaju, mora se taložiti iz dovoljno kisele rastopine uz dodatak amonijaka. Na taj način bi se smeo uz $MgNH_4PO_4$ istaložiti još samo $Mg(NH_4)_4(PO_4)_2$. Možda ta dvosô nije ništa drugo nego »unutra adsorbirani« $(NH_4)_3PO_4$. Osim toga mogli bi se još »unutra adsorbirati« Na_2HPO_4 i alkali-soli, koje u tom slučaju dolaze praktično u obzir.

Da smanjimo na minimum tu unutarnju adsorpciju pokušali smo, da izradimo metodu za određivanje magneziuma, koja se temelji na tome, da se talog izluči iz kisele rastopine u visoko disperznom obliku, tako da se taloži iz maksimalne koncentracije.

Samo ćemo u kratko ovde rekapitulirati tok našega rada.

Najpre smo pokušali raditi jednostavno kod ekstremnih koncentracija. 25 ccm $MgCl_2$ (= 0,1756 g MgO)[19] isparili smo do suha u Pyrex-čaši od 300—400 ccm na vodenoj kupelji, dodali 3 ccm konc. H_2SO_4 i zagrevali na peščanoj kupelji dok su počele izlaziti SO_3-pare. Nakon ohlađenja smo dodali 20 ccm zasićene rastopine Na_2HPO_4.[20] Kad se rastopina razbistrila t. j. kad se sve rastopilo, dodali smo 2—3 kapi fenolftaleina i iz levka sa pipcem smo dodavali kap po kap amonijaka, dok se nije pojavila ružičasta boja fenolftaleina. Za vreme kapanja smo čašu neprestano mućkali. Nakon taloženja razredili smo sa 20 ccm smese 10%-tnog amonijaka + 10%-tnog amonium-hlorida. Tako dobiveni talog

[19] Titar za MgO određen je ovde kao i posle vaganjem kao $MgSO_4$.

[20] 1 ccm takove rastopine taloži ca 0,0187 g MgO kod 15°C.

je pod mikroskopom sastojao iz dobro razvijenih kristala (30—40 μ dugih prizama). Iz nekoliko kvantitativnih pokusa se razabralo, da su gotovo svi rezultati na taj način dobiveni previsoki (do 2,5%). Budući da su kristali razmerno veliki to je po našem mišljenju uzrok pogreškama po svoj prilici »unutarnja adsorpcija«.

Kako na taj način nismo mogli da dobijemo talog u vrlo disperznom obliku, nastojali smo, da pronađemo uvete uz koje takav talog nastaje. Pokušali smo da menjamo množinu dodane sumporne kiseline, a i temperaturu, ali se je pokazalo da to ništa ne deluje na disperzitet taloga. Kad smo amonijak mesto kap po kap dodali u mlazu dobili smo željeni disperzni talog (1—3 μ). Sigurnije je ispadao visoko disperzni talog, kad smo mesto sa samim konc. amonijakom taložili sa smesom konc. amonijaka i 96%-tnog alkohola (1 : 1). Na to nas je potaklo opažanje P. P. Weimarn-a.[21]

Sada smo niz analiza izradili na sledeći način: $MgCl_2$-rastopinu koja je sadržala 0,0900 g ili 0,1800 g MgO isparili smo u Pyrex-čaši na vodenoj kupelji do suha, dodali 1 ccm konc. H_2SO_4, 15—25 ccm hladno zasićene rastopine Na_2HPO_4 i 2—3 kapi fenolftaleina. Zatim smo kroz levak sa pipcem dodali u mlazu smesu alkohola + amonijaka. Smesta nakon taloženja filtrirali smo kroz berlinski porcelanski lončić za filtraciju (Filtertiegel), izaprali sa 2,5%-tnim amonijakom, dok je nestala reakcija na SO_4. Lončić smo zatim žarili u zaštitnom lončiću u mufoli (promer 7 cm, visina 18 cm) do konstantne težine. I sada su bili rezultati većinom previsoki 1—4%. Po svoj prilici je tome uzrok, što kristali nisu imali dovoljno vremena, da se sami od sebe očiste.[22]

Pokušali smo sada nakon taloženja dodati još jednom smesu 10%-tnog amonijaka + 10%-tnog amonium-hlorida (1 : 1) i ostavili talog pod tom smesom dulje i kraće vreme stajati, zatim smo ostavili stajati kod obične temperature i na vodenoj kupelji, ali sve te promene su ostale bez utecaja na rezultat. Rezultati su većinom bili do 4% previsoki. Nekoliko preniskih rezultata su verojatno posledica običnih pogrešaka kod rada.

Opazili smo također da je kod mnogih pokusa filtrat znao biti mutan i ako su rezultati bili previsoki.

A. Simon i W. Neth[23] su opazili da berlinski lončići za filtraciju u početku lako propuštaju čistu vodu, ali daljne količine vode da sve polaganije propuštaju. Ta bi se pojava mogla možda na taj način rastumačiti, da se voda skuplja u porama lončića, pa na taj način te pore smanjuje. Mi smo pretpostavili da takav lončić, kroz koji se propusti proteći nešto čiste vode sigurnije filtrira, nego posve suhi. Zato smo sada kod svih daljnih analiza pustili kroz lončić pre filtracije proteći tri puta čiste vode. I zaista su tako pripravljeni lončići sigurno filtrirali, kod čega se nije pokazala nikakova razlika između lončića sa oznakom 1 i 2 (veličina pora 0,60 μ i 0,75 μ).

Sada smo pokušali nakon taloženja razrediti sa 50 ccm 12%-tnog amonijaka, stavili pol sata na vodenu kupelj i tekućinu oddekantisali. Nakon što smo odlili tekućinu dodali smo ostatku ponovno amonijaka i to ponovili 2—3 puta. Dobili smo na taj način osim previsokih i preniske

[21] P. P. Weimarn: Die Allgemeinheit des Kolloidzustandes, Dresden und Leipzig 1925. S. 95.

[22] P. P. Weimarn: l. c. 163.

[23] Zt. f. anorg. u. allgem. Ch. 168 (1927) 221.

rezultate. Mesto sumporne kiseline dodali smo sône, ali ni to nije menjalo rezultate.

Dvostruko smo taložili, pošto smo talog jednom dobiven rastopili u sumpornoj kiselini, ali smo dobili preniske rezultate.

Dobre rezultate smo dobili tek onda, kada smo nakon taloženja iz ekstremno-koncentrirane rastopine jako razredili sa vodom i stavili dulje vremena na vodenu kupelj, te nakon ohlađenja filtrirali. Tumačimo to na taj način, da su ovde kristali imali vremena, da se u smislu Weimarn-a sami od sebe čiste. I zaista postaju kristali, koji su bili prvobitno visoko disperzni (1—3 μ) nakon stajanja na vodenoj kupelji veći (10—15 μ duge prizme).

Radili smo na sledeći način: Rastopinu smo u Pyrex-čaši od 300 ccm isparili do suha, dodali 2—5 ccm konc. H_2SO_4 i 25 ccm hladno zasićene rastopine Na_2HPO_4, 2—3 kapi fenolftaleina, te dodali u mlazu koncentrovanog amonijaka, dok se nije pojavila ružičasta boja. Nakon taloženja smo razredili sa 150 ccm destilirane vode, poklopili sa stakalcem od ure i stavili 1 sat na vodenu kupelj. Pustili ohladiti i filtrirali kroz berlinski porculanski lončić, izapirali sa 2,5%-tnim amonijakom dok nije nestalo reakcije na SO_4, te žarili u električnoj hrom-nikel peći od Heraeus-a (ca 850°).[24]

Na taj način dobiveni rezultati su već bolji (vidi tabelu I.) i ako imade po koji sa nešto većom pogreškom nego što se obično dopušta. Kako su pokusi pokazali, veće množine KCl ne smetaju, isto tako ni Na-ion, koji se i onako nalazi uvek u velikom suvišku. Kod nekoliko pokusa pokušali smo promatrati utecaj stajanja na vodenoj kupelji.

Iz tabele II. se razabire, da množina dodane vode i temperatura ne uteču na rezultate u nekim granicama, ali da je stajanje na vodenoj kupelji potrebno (vidi analize 38—39).

Posle smo mesto sumporne kiseline upotrebili sônu kiselinu.

Kod toga se pokazalo, da samo određene koncentracije sône kiseline ne uteču na rezultat, dok se kod malo i mnogo sône kiseline dobivaju nešto preniski rezultati (tabela III.). To opažanje se slaže sa opažanjima Majdel-a.[25]

Pošto se taloženjem sa čistim konc. amonijakom ne dobiva uvek sigurno visoko disperzni talog[26] to smo neke rezultate, koji nisu potpuno odgovarali pripisali toj pogreški; pa smo zato sve daljnje analize, mesto sa čistim amonijakom taložili sa smesom amonijaka i 96%-tnog alkohola u jednakom volumnom omeru.

U tabeli IV. nalaze se nekoji rezultati, koji su na taj način dobiveni. Osim toga imade tu nekoliko analiza, koje su nađene uz veću množinu oksalne kiseline i kalium-hlorida. Takov slučaj je od praktične važnosti za određivanje magneziuma. Oksalnu kiselinu smo odstranili dodatkom sumporne kiseline i grejanjem na mrežici.

---

[24] St. Miholić tvrdi (Journal of the Chemical Society, Februar 1930. p. 200) da se dobiju dobri rezultati, ako se talog filtrira kroz jenski stakleni lončić za filtraciju, pošto se pre izaprao sa 50 ccm 2,5%-tnim amonijakom i žari kod 480°C. Po svoj prilici autor nezna za opažanja L. Moser-a (Ch. Ztg. 48. (1924) 693), po kojima je vrlo teško postići stalnu težinu kod jenskih lončića za filtraciju. Osim toga je jasno da je nemoguće sa 50 ccm izaprati talog, niti da se može potpuno izžariti kod gore navedene temperature.

[25] Tehnički List 7 (1925) 82, 241; Arhiv za Hem. i Farmaciju 1 (1927) 216.

[26] Vidi str. 1155.

Tabela I.

Redni broj	Dodana H_2SO_4	Dodan KCl	Izračunani MgO	Dobiveni MgO	Pogreška u %
1.	5 ccm	–	0,0316	0,0916	0,00
2.	„	—	„	0,0920	+0,43
3.	„	—	„	0,0912	−0,43
4.	„	—	„	0,0916	0,00
5.	4 ccm	—	„	0,0920	+0,43
6.	„	—	„	0,0920	+0,43
7.	„	—	„	0,0920	+0,43
8.	„	—	„	0,0915	−0,10
9.	„	—	„	0,0922	+0,65
10.	2 ccm	—	0,1832	0,1842	+0,54
11.	„	—	„	0,1832	0,00
12.	„	—	„	0,1837	+0,27
13.	„	—	„	0,1825	−0,38
14.	3 ccm	—	„	0,1841	+0,49
15.	2,5 ccm	0,8100	0,0916	0,0920	+0,43
16.	„	„	„	0,0920	+0,42
17.	„	0,4050	„	0,0916	0,00
18.	„	„	„	0,0918	+0,21
19.	5 ccm	2,0250	0,1832	0,1835	+0,16
20.	„	„	„	0,1830	−0,10
21.	„	„	„	0,1836	+0 21

Tabela II.

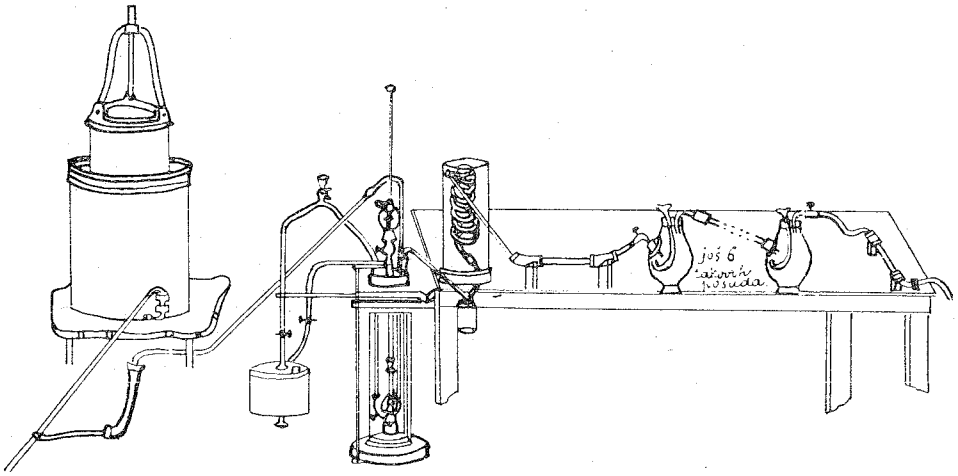
Redni broj	H_2SO_4	Voda dodana	Na vod. kup.	MgO izrač.	MgO dob.	Pogreška u %
22.	3 ccm	vruća 150 ccm	1h	0,1832	0,1827	− 0,27
23.	„	„ „	„	„	0,1823	− 0,49
24.	„	„ „	„	„	0,1835	+ 0,15
25.	„	„ „	„	„	0,1825	− 0,38
26.	„	„ „	„	„	0,1835	+ 0,15
27.	„	„ „	„	„	0,1832	0,00
28.	„	„ „	„	„	0,1839	+ 0,38
29.	5 ccm	hladna 300 ccm	„	„	0,1845	+ 0,71
30.	„	„ „	„	„	0,1839	+ 0,38
31.	„	„ „	„	„	0,1834	+ 0,10
32.	„	„ 200 ccm	„	„	0,1834	+ 0,10
33.	„	„ „	„	„	0,1820	− 0,65
34.	„	„ 150 ccm	„	„	0,1833	+ 0,05
35.	„	„ „	„	„	0,1830	− 0,15
36.	„	„ „	„	„	0,1833	+ 0,05
37.	3 ccm	vruća „	—	„	0,1835	+ 0,15
38.	„	„ „	—	„	0,1851	+ 1,03
39.	5 ccm	„ „	—	„	0,1851	+ 1,03
40.	„	„ „	—	„	0,1825	− 0,38

Organska kvantitativna elementarna analiza nekoć i danas.

I. Marek.

U vezi sa onim pasusom u prikazu historijata laboratorija za organsku hemiju, u kojem se spominje, da je u tom laboratoriju konstruiran aparat za elementarnu organsku analizu (str. 944 alineja 5) prikazat ću ovđe samo u krupnim crtama razvitak, odnosno usavršivanje metoda organske makro-elementarne analize (sagorevanjem) od njenog početka pa do danas.

Prvi, koji je počeo kvantitativno određivati ugljik i vodik u organskim supstancama bio je L a v o i s i e r (1784.) On je organske supstance oksidovao s pomoću kisika ili metalnih oksida, a pri tom nastali ugljikov



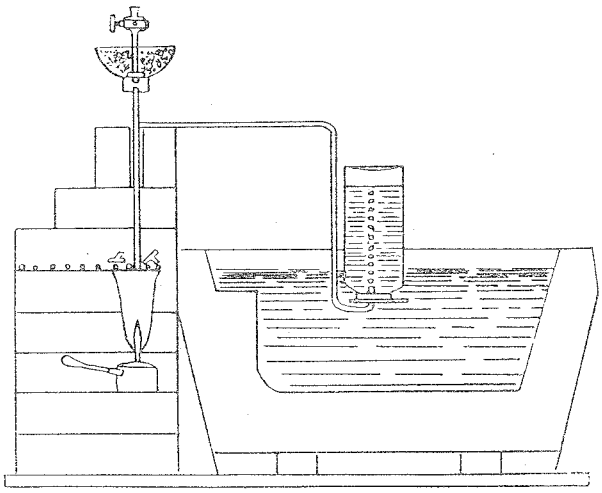
Slika 1.

dioksid i vodu merio. Ta njegova temeljna ideja pridržana je uz neke modifikacije sve do danas. Aparat (sl. 1.), kojega je on upotrebljavao ako i je dosta glomazan, može se ipak smatrati klicom za aparate i metode, kojima se još i danas služimo. L a v o i s i e r je za svoje pokuse upotrebio mnogo više organske supstance nego što se to danas čini. Nu kako on sa svojim aparatom nije dobio dosta tačne rezultate odlučio je, da ga usavrši. Tu svoju nakanu nije dospeo realizovati, jer je pao žrtvom strahovlade.

Razni istraživaoci počeli su doterivati odnosnu aparaturu tek 20 godina iza smrti L a v o i s i e r a, naime onda, kada se je usled snažnijeg razvitka organske hemije, počela osećati potreba bržeg, jednostavnijeg i tačnijeg načina izvađanja elementarne analize.

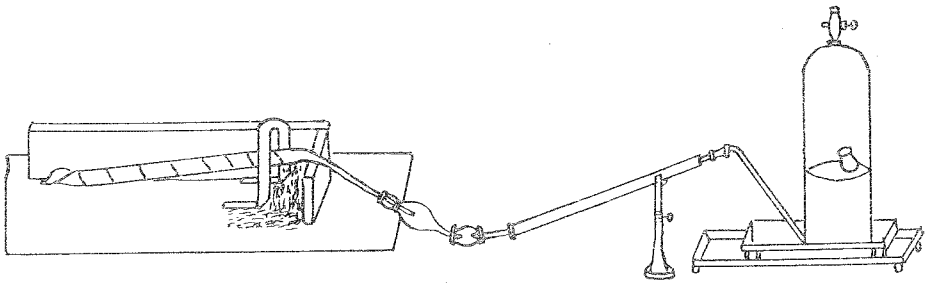
Saussure (1807.) i Berthollet (1810.) behu prvi iza Lavojsiera, koji su pokušali, da usavrše elementarnu analizu. Nu ti pokušaji nisu dali tim autorima dosta zadovoljavajuće rezultate.

Tačnije rezultate, uz jednostavniji postupak sagorevanja dao je Gay-Lussacov i Thénardov aparat (1811. sl. 2.). Ovi hemičari



Slika 2.

upotrebili su za oksidaciju organske supstance stanovitu količinu kalium-hlorata, kojega bi primešali organskoj supstanciji, te tu smesu grejali u okomitoj 20 cm dugoj i 8 mm širokoj cevi (sa nastavkom za odvođenje gasa). Izgaranjem nastale gasove hvatali bi nad živom, te u njima odredili CO_2, a nastalu vodu izračunali su iz diferencije.

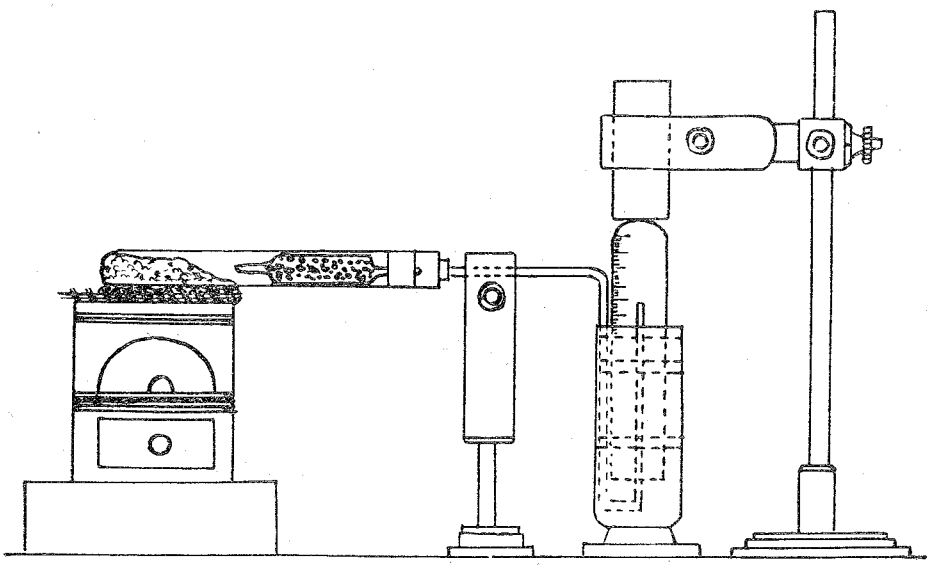


Slika 3.

Berzelius (1814.) je upotrebljavao u početku olovni superoksid, no kako nije dobio tim postupkom dovoljno tačne rezultate, upotrebio je i on kalium-hlorat. Da spreči prenaglo sagorevanje pridodavao je još i kuhinjske soli. Dotičnu smesu stavljao je u cev, koja bijaše na jednom kraju zataljena, a drugi kraj naknadno je izvučen u dugi šilj (sl. 3.).

Po dosada spomenutim postupcima nisu se dale ni približno tačno analizirati supstance u kojima beše azota. Tome je doskočio kao prvi Gay-Lussac (1815.) upotrebiv užareni bakar-oksid kao oksidaciono sredstvo, a užareni metalni bakar za rastvorbu N-oksida. Gay-Lussac i Liebig (1824.) popravili su zajednički ovaj postupak u toliko

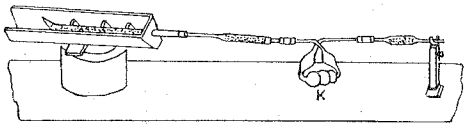
što su oni odredili vodu direktno s pomoću $CaCl_2$. Pri tom su upotrebili aparat kako ga prikazuje sl. 4.



Slika 4.

Tek Liebig (1831.) bio je onaj, koji je uočio sve dobre i loše strane dotadanjih postupaka, te je konstruirao aparaturu, s pomoću koje beše moguće doći jednostavno i relativno brzo do dosta tačnih rezultata.

On je metnuo u jednostrano zataljenu staklenu cev smesu organske supstance i sitnoga CuO, a na ovoga opet duži sloj (50—70 cm) krupnoga CuO. Taj sloj je najpre užario, a posle toga postepeno grejao onu smesu. Dobivenu vodu apsorbovao je sa $CaCl_2$, a CO_2 sa otopinom KOH, koja se je nalazila u Liebigovom kuglastom aparatu K, koja se vidi na sl. 5. Cev



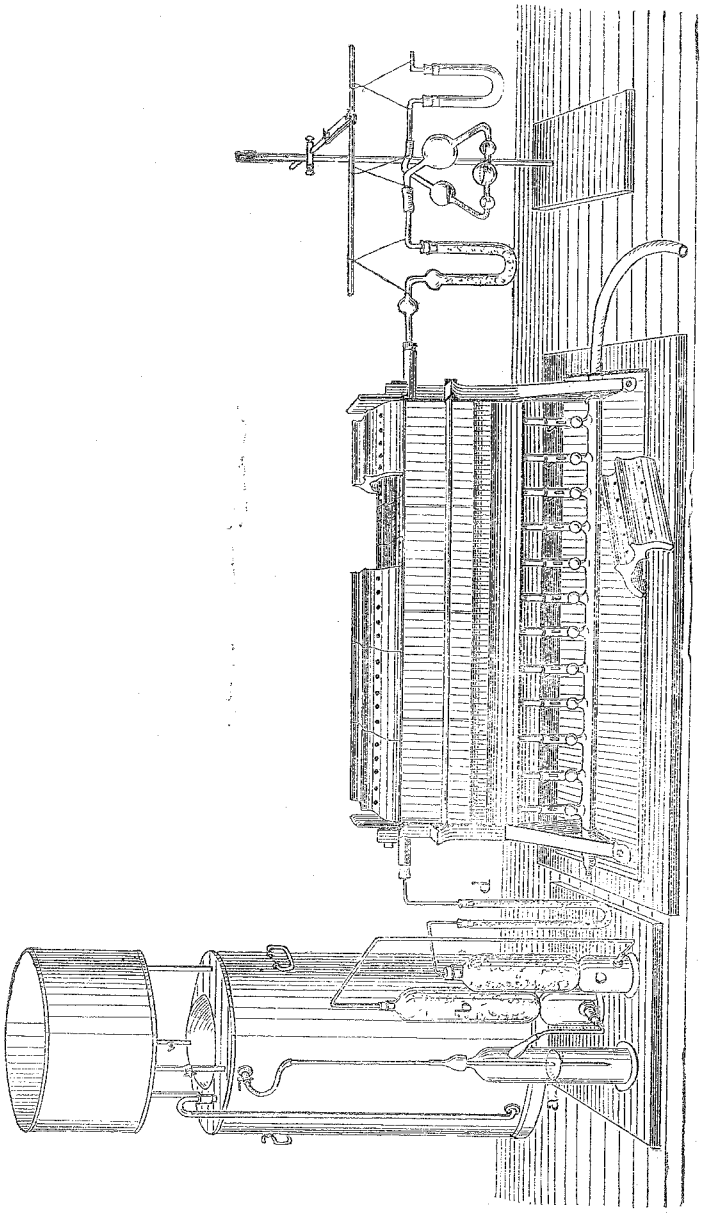
Slika 5.

je grejana sa žeravicom drvenoga uglja. Kasnije konstruirana je za taj posao peć za gas (sa 20 plamenika sl. 6.) i peć za žestu. Istodobno počela se upotrebljavati cev, koja je imala na oba kraja probušene čepove, a kroz cev terao se zrak ili kisik, pa je tako organska supstanca većim delom izgorila pre nego što su njeni gasovi došli na užareni CuO.

U cilju, da se oslobodi znatne vrućine peći i nesnosne atmosfere oko nje, nadalje da spreči odveć brzo trošenje staklenih cevi upotrebio je F. Kopfer (1877.) umesto CuO sitnu platinu (platinen crnac) pomešanu sa asbestom (sloj dug 20—25 cm), a kako tu nije potrebna tako visoka temperatura, konstruirao je peć samo za 6 plamenika, a za apsorpciju S-i N-oksida, te hlora i broma bio je on prvi, koji je upotrebio PbO_2

Umesto skupe platine upotrebljavaju Lipmann i Fleissner (1886.) sa dobrim uspehom prašinu bakar-oksida pomešanu sa asbestom, a inače pridržaju oni Kopferovu peć (sl. 7.).

F. Blau (1889.) zamenio je komadasti CuO sa oksidovom čvrsto smotanom bakrenom spiralom (60 cm dugom), koja je dobro pristajala

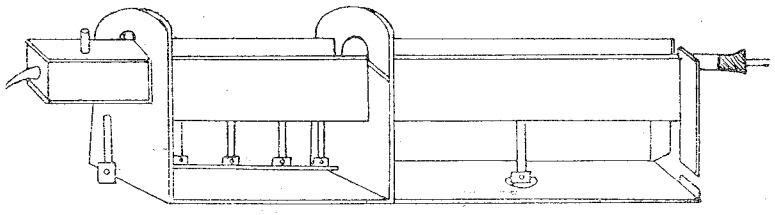


Slika 6.

uz cev. On je ujedno upotrebio jednu žicu kao pomicaljku (sl. 8.) za ćunjić sa supstancom, pa je tako mogao gurati ovu u sve vruću zonu i tim omogućio, da supstanca mnogo jednoličnije izgara.

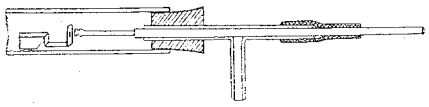
M. Dennstedt služio se je u početku (1902.) slojem platiniranoga kvarca, a (1906.) uzeo je umesto ovoga tanki (0,1 mm debeli) platinen

lim t. zv. platinenu zvezdu, koju je metnuo po prilici u sredinu (86 cm duge) cevi, pa ju je tu užario do jasno-crvene žari sa proširenim gasnim plamenom. On upotrebljava dvostruki dovod kisika pri ćem mu služi



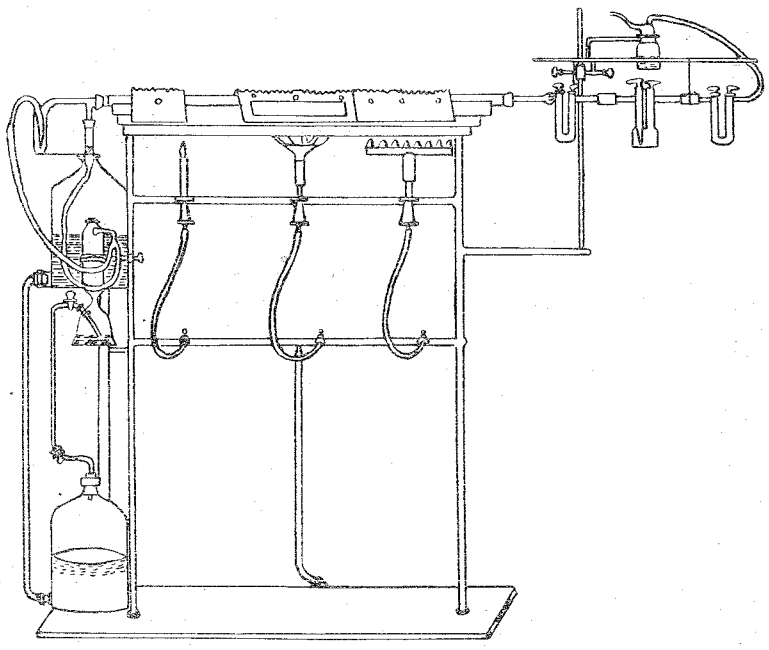
Slika 7.

jedan dosta nelagodan aparatić. — U mesto peći za gas može se upotrebiti ona poznata, nu dosta skupa H e r e a u s-ova električna peć. — Sl. 9. prikazuje D e n n s t e d t o v uređaj aparata za grijanje sa gasom.



Slika 8.

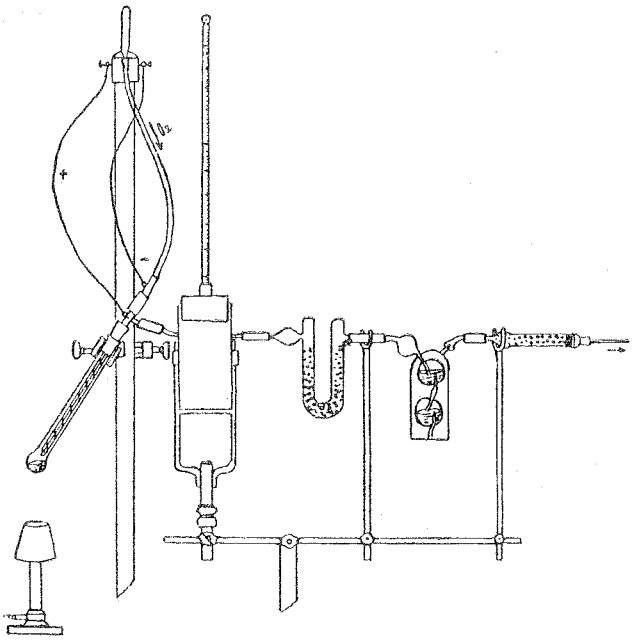
B e k k (1913.) upotrebio je katalizator cerdioksid pomešan sa asbestom, a pošto ovaj nije uvek dao dobre rezultate to su M. R e i n m e r (1916.), L e v e n e i B i e b e r (1922.) upotrebili uz cerdioksid još i bakaroksid, koje su stavljali u 100 cm dugu kvarc-cev.



Slika 9.

Milsack i Roth (1914.) preudesili su Dennstedt-ovu cev tako, da ju greje električna struja iznutra, što čini celi postupak kompliciranijim.

H. Ter Meulen i I. Heslinga (1922.) upotrebljavaju 6 cm dugi sloj mangan-dioksida, kojega si moraju na poseban način tek sami prirediti. U svrhu sagorevanja organske supstance zagrevaju oni taj mangan-dioksid samo na 400—450°C uz uvođenje kisika i zraka u cev. Nu taj mangan- dioksid dade se upotrebiti samo za nekih 5 analiza, a kako se on neda u cevi regenerirati, valja ga iz nje izvaditi i izmeniti sa svežim što traži dosta vremena i truda.



Slika 10.

Neki drugi autori upotrebili su kao katalizatore: železo-oksid, nikalj-oksid, kobalto-oksid, a dapače volframsku i molibdensku kiselinu, nu kasnije se je pokazalo, da svi ti katalizatori nemaju nikakove osobite prednosti pred bakar-oksidom.

Burckhardt (1926.) upotrebljava za prenosioca kisika olovo-hromat, kojega valja pre upotrebe sušiti na 550°C pa onda pomešati sa dotičnom supstancom.

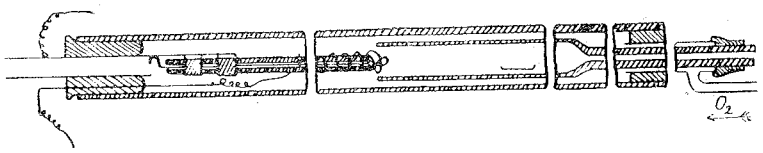
Berl-Schmidt-Winacher (1928.) također se služe sa olovo-hromatom (koji ostaje stalno u cevi), nu nastali CO_2 mere po volumenu, a od supstance spaljuju samo 0,01 g.

Wohl i Sisley (1928.) vraćaju se opet natrag onom klasičnom katalizatoru bakar-oksidu, pa samo u slučaju ako supstanca imade halogenih elemenata ili sumpora zamenjuju bakar-oksid sa olovo-hromatom. Cev pako griju sa 5—6 žižaka.

Carrasco i Plancher (1906.) uzimlju za katalizator platinenu žicu, koju užare u cevi s pomoću električne struje, nu uz to upotrebljа-

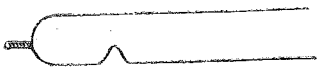
vaju još bakar-oksid ili olovo-hromat, koje smeste na dno koso položene cevi (sl. 10.). Za celo vreme sagorevanja uvode u cev kisik. Kasnije (1909.) zamenili su Carrasco i Beloni bakar-oksid odnosno olovo-hromat sa platiniranim porculanskim peskom.

Breteau i Leroux (1907.) upotrebili su također za katalizator električni usijanu platin-iridium žicu u dosta kompliciranoj formi (sl. 11.) pridržavajući Denstedtov aparatić za dvostruko uvođenje kisika u cev za sagorevanje.

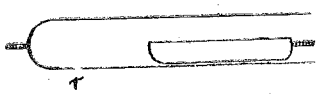


Slika 11.

Kako se iz do sada navedenoga vidi upotrebljavaju se kod elementarne organske analize općenito razni prenosioci kisika sad u većoj sad u manjoj količini. Nu ja sam već 1911. godine dokazao[1], da za taj posao nisu potrebni katalizatori to jest da supstanca može potpuno izgoreti i bez njih, a dobiveni rezultati su tačni, iako je postupak dosta brz. Nu takovo potpuno sagorevanje organske supstance u cevi bez katalizatora vrši se u svakom slučaju samo onda, kada je jedan deo cevi (barem 5 cm dugi) usijan do crvene žari (700—800°C). Za zagrevanje cevi dovoljna su samo dva Teclu-žižka, pa tako nije eksperimentator skoro ništa smetan od vrućine, a kraj toga uštedi se mnogo gasa.



Slika 12.

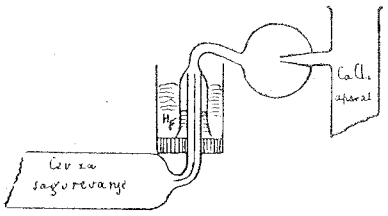


Slika 13.

Kasnije sam upotrebio za zagrevanje cevi umesto gasa električnu struju, od koje se potroši samo najnužniji deo vata (250—330), jer je žica (legura Ni i Cr) takoreći direktno namotana na cev i sa debelim slojem asbestnoga kartona zaštićena od prevelikog izbijanja topline, pa tako nije tu eksperimentator ni najmanje smetan od vrućine. Cev u kojoj se vrši sagorevanje supstance sada je od tako zvanog supremaks-stakla, koje imade za 200°C više talište od dosada upotrebljavanog jenskog stakla. Ni-Cr-žica, kao i spomenuta cev izdrži više od 200 sagorevanja ako se propisno radi. Pri tom se cev ni najmanje ne deformira (jer je svrsishodno montirana), a na mestu gde je delimice otkrivena (zbog promatranja sagorevanja) ne postane ona neprozirna. Samo sagorevanje traje — prema naravi supstance — 20—30 minuta. Stavi li se supstanca (koja isparava ili se grejanjem rastvara bez da posle toga zaostane mnogo uglja) u cevčicu sa rovašem (sl. 12.) koja se s pomoću posve preudešene Blauove pomicaljke na mahove sve više približava užarenoj zoni sagoreti će supstanca, uz dovoljno brzo strujanje 0_2, postepeno i jednolično, a da se i najmanje kondezata ne sakupi u stražnjem delu cevi za sagorevanje. Ako je supstanca takove prirode, da se ju

[1] Journal für praktische Chemie 1911. str. 713—731.

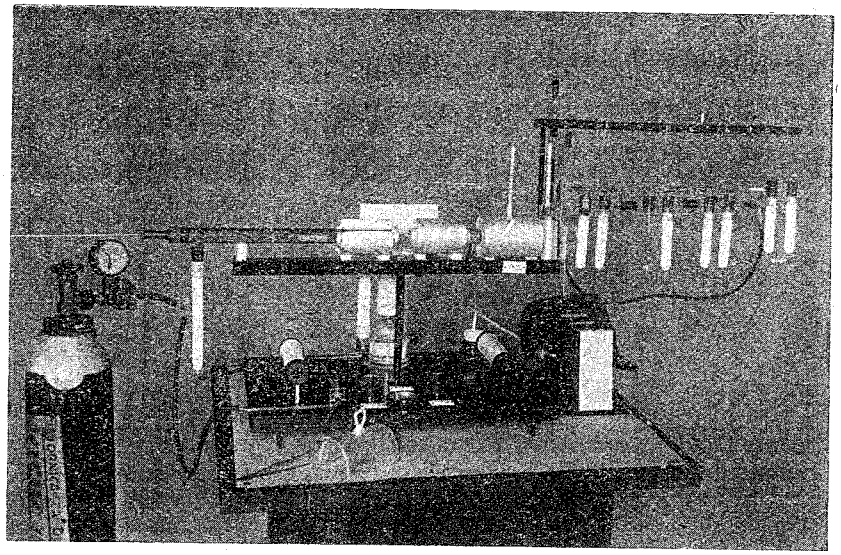
može sagoreti u čunjiću, metne se ovaj u ravnu cevčicu, koja imade blizu zataljenog kraja rupicu r (sl. 13.). Ova rupica leži u prvo vreme sagorevanja na donjoj unutarnjoj steni glavne cevi pa usled toga ne može kisik prolaziti kroz tu rupicu u cevčicu. Tek pod konac sagorevanja, kada zaostane u čunjiću samo ugljik, pridigne se stražnji kraj ove cevčice



Slika 14.

Slika 15.

s pomoću žice pomicaljke a tim se omogući, da kroz rupicu dolazi u cevčicu kisik, koji brzo spali zaostali ugalj. Ova neznatna modifikacija cevčice vrlo je pojednostavnila i ubrzala sagorevanje tako, da je onaj nelagodan Dennstedtov aparatić za dvostruko uvođenje kisika postao suvišan.



Slika 16.

Za spajanje cevi za sagorevanje sa $CaCl_2$-aparatom upotrebio sam moj živin zapor[1] (sl. 14.), pa sam na taj način tu eliminirao gumu, odnosno pluto, koji su često uzrokom da se dobiju netačni rezultati.

[1] Journal für praktische Chemie 1909. Bd. 79. str. 510.

Ako se želi tačno udesiti potrebnu brzinu prolaza kisika kroz čitavu aparaturu, može se upotrebiti diferencijalni manometar kako ga prikazuje slika 15.

Posebno konstruirani čistionik za kisik nalazi se na istoj ploči, na kojoj je montiran čitav aparat. On je tako udešen ,da služi ne samo za čišćenje kisika nego i za automatsko sprečavanje eventualno nastalog prevelikog ili odveć sniženog pritiska u cevi za sagorevanje.

Šipka, koja ima nositi apsorcione aparate nalazi se montirana nad cevi za sagorevanje, pa je treba kod upotrebe samo prebaciti. Celi smeštaj pojedinih delova ovoga aparata, kada je on u pogonu, razabire se iz slike 16.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die organische quantitative Elementaranalyse einst und jetzt.

Kurzer historischer Überblick über die Entwickelung der quantitativen organischen Makro-Elementaranalyse.

Upotreba naših domaćih glina za odbelivanje i rafinaciju mineralnih vegetabilnih ulja.

M. Krajčinović i J. Zaljesov.

Kod rafinacije masnih i mazivih ulja upotrebljavaju se u poslednje vreme sve više različne hidrosilikatne zemlje za adsorpciju. One su danas postale neophodno potrebni materijal za odbelivanje svih mineralnih i vegetabilnih ulja.

Unazad par decenija primenjivale su se u rafinerijama skoro isključivo hemijske metode za čišćenje i odbelivanje ulja. Ali još pre Svetskog rata počeli su stručnjaci da ističu sve loše strane ovih metoda. Glavni opravdani prigovor provađanju rafinacije pomoću jakih hemijskih reagensa leži u razmerno malom efektu, koji se postigne s obzirom na znatan potrošak hemikalija. Nadalje, jaki reagensi kao koncetrovana sumporna kiselina, razore također i jedan deo ulja tako, da su gubici kod rafinacije vrlo veliki.

Svi ovi prigovori otpadaju, ako se čišćenje provede fizičkim metodama. Naročito za vreme Svetskog rata, zbog skupoće i nedostatka odnosnih hemikalija, počele su se kod rafinacije primenjivati fizičke metode u sve širem opsegu.

Nove spoznaje, do kojih se došlo naučnim proučavanjem koloida osvetlile su pobliže također proces rafinacije, te time pripomogle, da se čišćenje na temelju adsorpcije fizičkim postupcima vremenom znatno usavršilo i proširilo.

Gurvič je merio toplinu adsorpcije, koja se javlja kada čestice čvrstog adsorbera dođu u kontakt sa različnim telima, koja se nalaze u rastopini. On je našao da je toplina adsorpcije izrazito velika ako praškasti adsorber deluje na nezasićene spojeve, nasuprot tomu kod kontaktnog delovanja istog adsorbera na zasićene ugljikovodike parafinskog i naftenskog reda povišenje temperature bilo je znatno manje. Pokazalo se nadalje, da je toplina adsorpcije velika također i za spojeve kisika, azota i sumpora.

Hidrosilikatne zemlje imadu za pojedine skupine hemijskih spojeva veću ili manju snagu adsorpcije, već prema hemijskom karakteru tih spojeva, one ih iz tekućeg mediuma selektivno odabiru i vežu jače ili slabije.

Stavimo li adsorber u rastopinu, to će njegove čestice privlačiti i fiksirati na svoju površinu molekule rastapala kao i molekule rastopljenog tela, ali u različnoj meri. Ovisit će to u prvom redu o koncetraciji rastopine, a naročito o privlačivoj snazi adsorbera za pojedine molekule s obzirom na njihovu hemijsku građu. U kojoj meri će rastopljeno telo biti adsorbirano ovisi i o samom rastapalu. Rastopljeno telo biće adsorbirano u toliko više u koliko molekule rastapala imadu manju privlačivost prema česticama adsorbera.

Kod rafinacije mazivih mineralnih ulja ide se za tim, da se iz njih odstrane smolne i asfaltne supstance, naftenske kiseline, te spojevi azota i sumpora. Sva ova tela, koja onečišćavaju maziva ulja izgrađena su redovno od visokomolekularnih delomično nezasićenih spojeva, pa po svom hemijskom karakteru spadaju baš u onu skupinu spojeva, koji se adsorpcijom mogu vezati i odeljivati. Osim toga pokusima je utvrđeno pravilo, da adsorpcija za spojeve istog hemijskog karaktera raste sa porastom njihove molekularne težine.

Floridin, kao prva hidrosilikatna zemlja, koja se počela za rafinaciju upotrebljavati u širem opsegu, može da veže oko 12% smola s obzirom na svoju vlastitu težinu. Smole se adsorpcijom tako čvrsto fiksiraju, da se ne mogu više ekstrahirati benzinom u kojemu se one inače rastapaju. Nakon provedene rafinacije mazivih mineralnih ulja sa hidrosilikatnim zemljama zaostaju pretežno zasićenih ugljikovodici, koji uvek čine bitni i najvredniji deo svih naftinih destilata.

Hemijska analiza nekih zemalja za adsorpciju.

Tabela I.

Tekući broj	Ime zemlje	H_2O	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Alkalije
1	Domaća glina	10,59	59,53	27,90	tragovi	1,32	tragovi	—
2	Floridin	17,95	56,53	11,57	3,32	3,06	6,29	1,75
3	Kaolin kod Gluhova	13,28	48,05	37,52	0,27	0,06	tragovi	—
4	Amerikanska glina	16,38	61,24	15,45	1,95	1,60	3,57	—
5	Japanska kisela zemlja	21,23	61,8	12,88	3,04	1,57		0,76
6	Terrana	?	61,92	24,54	6,87	1,95		—

Prirodne zemlje, koje imadu to izrazito svojstvo da odbeljuju mineralna i vegatabilna ulja, ističu se naročitom strukturom svojih zrnaca. Pod mikroskopom u polarizovanom svetlu jasno se razabire, da zrnca floridina nijesu masivna, nego pokazuju poroznu strukturu; u amorfnom supstratu interpozirani su mali kristalići kao ostaci nepromenjenog matičnog minerala.

Ocena, u koliko je neka zemlja podesna za rafinaciju i odbelivanje uljnog produkta, može se odrediti najpouzdanije na temelju direktno izvedenih pokusa. Od osobitog značenja za ispitivanje snage adsorpcije jest izbor ulja na kojemu se pokusi izvode. Svojevremeno bilo je predloženo, da se pokusi vrše sa čistim parafinskim uljem u kojemu se nalazi neka boja u rastopini. Ali se pokazalo da rezultati dobiveni na temelju ovih pokusa nisu nimalo merodavni za praksu, jer sva sirova mineralna i vegetabilna ulja sadrže uz boju također i drugih supstanca, koje bivaju više ili manje adsorbirane. Tako iz vegetabilnih ulja adsorbiraju silikatne zemlje osim boje također sluzi i belančevine te slobodne masne

kiseline, pa ta okolnost uteče na tok rafinacije i konačni uspeh odbeljivanja.

Važno je istaknuti, da mnoga vegetabilna ulja sadrže dve različne boje i to redovno jednu crvenkastu nepoznatog sastava i jednu žuto-zelenu, koja po C r o n e r u nije ništa drugo nego boja hlorofila. Sredstva za rafinaciju imadu različnu snagu adsorpcije za ove pojedine boje, pa zato crvenkasto obojeno ulje nakon provedenog čišćenja pokazuje žuto zelenu boju.

Ovo je daljnji dokaz, da se za ocenu neke gline, u koliko ona ima povoljna svojstva za rafinaciju, moraju praviti direktno pokusi sa dotičnim vrstama ulja i izvoditi ih pod istim onim okolnostima, kako se dekoloriranje ulja vrši u praksi.

Sve zemlje, koje služe za odbeljivanje i rafinaciju mineralnih i vegetabilnih ulja možemo podeliti na prirodne i umetne. Među prirodne spadaju hidrosilikatne zemlje, gline, kaolini, bauxiti, steatiti, krioliti i t. d. Umetne zemlje, koje služe za odbeljivanje jesu hemijskim utecajem promenjeni hidrosilikati, te veštački izolirane ili oborene kremene zemlje i drugi geli.

Među najstarije poznate zemlje sa ovim svojstvima spada engleska fuler-zemlja i amerikanski floridin. Osobitu važnost za rafinaciju ulja imao je floridin, jer su ga do nedavna upotrebljavale također i sve evropske zemlje. Bogata ležišta floridina otkrivena su 1893. u močvarnom tlu poluotoka Floride, ona obuhvataju površinu od 57 km^2 u naslagama od ½—4 m. Po svom hemijskom sastavu floridin je u glavnom aluminium hidrosilikat, koji sadrži redovno veće količine magneziuma.

Tabela II.

Redni broj	I m e z e m l j e	Aciditet zemlje izražen u % HCl		Termo broj	Volumna težina
		u filtratu	direktnom titracijom		
1	Tonsil AC	0,08	1,34	122	0,46
2	Soxonit Extra	0,06	1,1	112	0,42
3	Aktivirana domaća glina	1,15	1,93	14	0,48
4	Sušena i prosijana neaktivirana domaća glina	0	0,28	19	0,57
5	Prosijana i neosušena domaća glina	0	0,26	1	0,71
6	Bela glina iz Bešlinca	0	0,014	0,5	0,60

Nemačka, koja je pre rata uvozila velike količine floridina, bila je prisiljena u nuždi, da potraži zemlje sa sličnim svojstvima na svom vlastitom teritoriju. I ona ih je našla u Saskoj, Šleziji, a osobito dobre vrste u Bavarskoj. Najveći deo svojih zemalja za rafinaciju Nemci danas prepariraju hemijskim metodama, pa ih aktivirane šalju na tržište pod različnim imenima: tonsila, frankonita, siltonita, saksonita i. t. d.

I druge države, trgovački izolirane za vreme Svetskog rata, bile su prisiljene da potraže na domaćem teritoriju takove zemlje, koje bi mogle zameniti amerikanski floridin.

Čitava velika ruska industrija mineralnih i vegetabilnih ulja trošila je ranije velike količine floridina, a poslije je počela uvoziti njemačke aktivirane zemlje različnih maraka. No zaslužnim radom ruskog akademika A. E. Fersmana i profesora Zamjatčenskoga nađen je godine 1916. u Černigovskoj guberniji kod Gluhova jedan kaolin, koji je po svojim svojstvima u svrhu odbelivanja bio bolji od samoga floridina. Ubrzo nakon toga otkrivene su gline sa dobrim svojstvima i na drugim mestima kao ruska crvena glina kod Batuma i sibirske zemlje u blizini Minusinska.

U našem radu stavili smo sebi za zadaću, da ispitivanjem naših domaćih glina pronađemo po mogućnosti takovu glinu, koja bi se mogla upotrebiti za odbeljivanje i rafinaciju vegetabilnih i mineralnih ulja kao ekvivalentni supstitut mesto inozemnih proizvoda. Ispitivanju smo podvrgli oko 30 različnih uzoraka naših domaćih glina, koje su uzete sa teritorija Hrvatske, Slovenije i Bosne. Najveći deo uzoraka za pokuse dobili smo iz zbirke zavoda za anorgansku hemijsku tehnologiju tehničkoga fakulteta u Zagrebu dobrotom i susretljivošću predstojnika zavoda g. prof. Dr. F. Hanamana, zbog čega mu i ovom prilikom najtoplije zahvaljujemo. Nekoliko uzoraka domaćih glina ustupile su nam na ispitivanje dobrotom također i neke naše domaće tvornice boja, ali među istim glinama nismo našli takovih uzoraka, koji bi s obzirom na postignute pokusne rezultate imali kakovo praktično značenje za rafinaciju ulja.

Među uzorcima iz zbirke zavoda za anorgansku hemijsku tehnologiju nađena je međutim jedna bela glina, koja se pokazala relativno kao najbolja. Nakon provedenih pokusa dobiveni su povoljni rezultati u tolikoj meri, da je s praktičkog stanovišta bilo od interesa provesti sa tom glinom pokusnu rafinaciju i odbelivanje na različnim vrstama mineralnih i vegetabilnih ulja. Potrebne količine ulja za izvađanje pokusa dala nam je dobrotom besplatno Prva hrvatska tvornica ulja u Zagrebu i rafinerija Standard Oil Company u Bos. Brodu. Zbog naročite njihove susretljivosti u tom pogledu izričemo im i ovom prilikom našu blagodarnost.

Sva pokusna ispitivanja provedena sa istom domaćom belom glinom bila su zbog usporedbe rezultata paralelno izvedena također i sa Tonsilom AC, koji spada među njemačke najaktivnije hemijski preparirane zemlje.

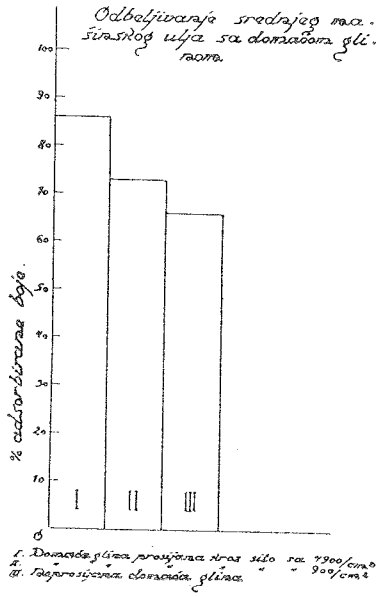
Domaća glina je po vanjskom izgledu sive ili skoro bele boje, samo mestimično na komadima razabiru se mrlje od željeznog hidroksida. Opipa je masna i lako se mrvi, a ne sadrži peska ni karbonata. U tabeli I. prikazana je njena hemijska analiza uz analize nekih tipičnih vrsta glina, koje su poznate kao vrsne za odbelivanje i rafinaciju ulja. Međutim hemijska analiza nije merodavna za prosuđivanje i ocenu u koliko će neka glina imati dobra svojstva za odbelivanje ulja, jer dve zemlje, koje imadu isti hemijski sastav pokazuju različnu snagu adsorpcije.

Određivanje broja kiselosti, topline adsorpcije (termo-broja) i volumne težine imade izvesno značenje i ovi brojevi mogu služiti kao dosta pouzdani indikatori za ocenu jedne zemlje. Na tabeli II. iznešeni su dobiveni odnosni brojevi za njemačke aktivirane zemlje Tonsil AC i Soxonit Extra, te za aktiviranu i neaktiviranu Domaću glinu i belu glinu iz Bešlinca.

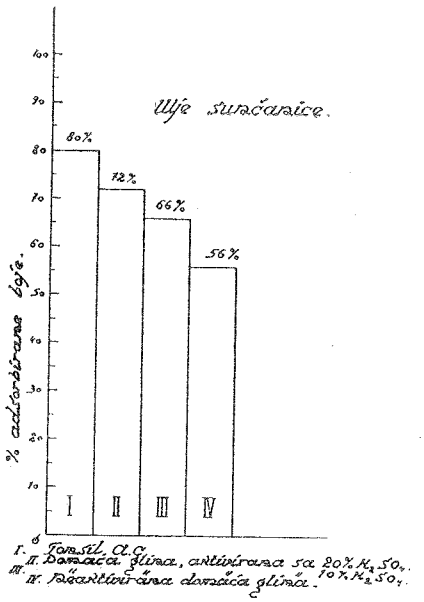
Za određivanje kiselosti odvagnuli smo u čaši 5 g zemlje i dodali 75 ccm vode. Nakon kuhanja za vreme od 5 minuta filtrirali smo tekući deo i u jednom alikvotnom delu odredili kiselost titracijom sa 0.1 n NaOH uz indikator fenolftalein. U drugom pokusu proveli smo titraciju direktno u čaši bez filtracije. Broj kubičnih centimetara 0.1 NaOH pomnoženo sa 0.73 daje aciditet zemlje izražen u % HCl.

Toplinu adsorpcije merili smo aproksimativno tako da smo u čašu stavili 20 ccm terpentinskog ulja i k tomu dodali 5 g zemlje. Uz mešanje sa termometrom očitali smo maksimalno povišenje temperature i to uzeli kao termo-broj.

Volumna težina nije nikakova konstanta, nego variabla, koja ovisi o veličini i porozitetu zrnaca. Pulferizirana glina sa manjom volumnom težinom ima veću površinu djelovanja. Volumnu težinu određivali smo tako, da smo odvagnuli 100 g praškaste gline, usuli u graduirani cilindar



Slika 1.



Slika 2.

i očitali odmah volumen. Kvocijent 100/vol izražava volumnu težinu. Kod jednakog sadržaja vode ima dobra zemlja redovno uvek manju volumnu težinu od loše.

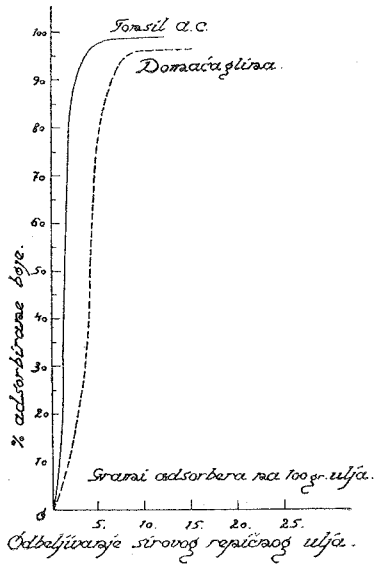
Domaću glinu priredili smo prethodno za pokuse na taj način, da smo je zračno-suho smrvili, sušili kod 120° do konstantnosti, te onda prosejali kroz sita različnih otvora. Odbeljivanje srednjeg mašinskog ulja provedeno je u jednom pokusu s uzorcima Domaće gline, koji su svrstani po veličini crna. Rezultati su bili tim povoljniji što je veličina zrna bila manja, kao što to prikazuje grafički slika 1.

Masnu glinu pokušali smo aktivirati na taj način, da smo je digerirali uz zagrevanje u jednom pokusu sa 10% sumpornom kiselinom, a u drugom sa 20% H_2SO_4. — Nakon toga glina je dekantacijom izaprana vodom, osušena, pulferizirana i prosijana. Rezultate usporednih pokusa,

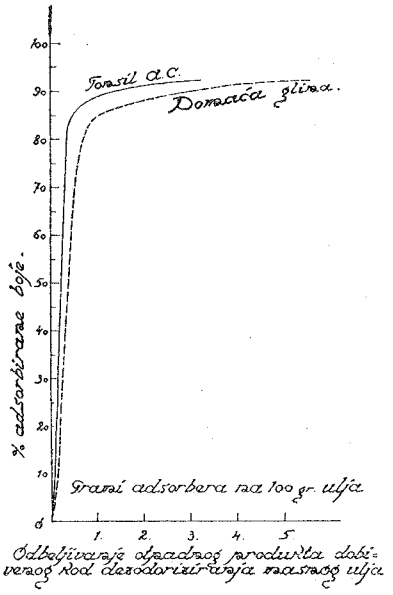
koji su izvedeni na ulju od sunčanice sa aktiviranom i neaktiviranom Domaćom glinom prikazuje slika 2.

Vjerojatno je, da se delovanjem sumporne kiseline kod aktiviranja razrahli mineralni supstrat i poveća porozitet gline, a jedan deo u silikatima vezanog SiO_2 prelazi u hidrat kiseline. Sumporna kiselina mora se uzeti u odmerenoj količini, jer inače njen suvišak razori glinenu supstancu, pa se snaga adsorpcije smanji i uništi.

Kiselinama aktivirane zemlje za odbelivanje sadrže nešto slobodne kiseline i kiselih soli, koje se nedadu potpuno odeliti izapiranjem, zbog toga aktivirane zemlje deluju razorno na tkaninu kroz koju se provodi filtracija. U vezi sa sadržajem na kiselim solima može se objasniti zašto dolazi do povišenja kiselinskog broja u masnom ulju nakon provedene rafinacije sa aktiviranom zemljom. Utecajem kiselih soli uz prisutnost malih količina vode počinju se gliceriti delomično hidrolitički cepati.



Slika 3.



Slika 4.

Godine 1907. počeli su Nijemci da aktiviraju svoje prirodne zemlje u svrhu povećanja njihove snage za adsorpciju. Frankonit kao prvi njihov proizvod ove vrste stavljen je na tržište godine 1908., a ne dugo zatim već god. 1911. došao je Tonsil. Otpadne vode, koje se dobivaju dekantacijom nakon digeriranja zemlje sa sumpornom kiselinom sadrže u pretežnoj količini aluminium-sulfata, koji se u toj formi može iskorišćavati, a od zaostale slobodne sumporne kiseline dobivaju odnosne tvornice neutralizacijom sa amonijakom amonium-sulfat.

Istakli smo, da je za ustanovljenje snage adsorpcije jedne gline, koja se ima upotrebljavati za rafinaciju i odbelivanje najmjerodavnije praviti pokuse na samom ulju i to uz obdržavanje svih onih okolnosti kako vladaju u praksi.

Vrednost naše domaće gline za njenu praktičnu primenu u svrhu odbelivanja i rafinacije ulja odredili smo na taj način, da smo kolorimetrijski merili intezitet obojenosti ulja pre i nakon provedenog de-

koloriranja. Kao standard za usporedbu služila nam je rastopina natriumbihromata različnih koncentracija, kojoj smo dodali nešto sumporne kiseline. Ulje je zagrevano na vodenoj kupelji, pa mu je dodana određena procentualna količina pripravljene praškaste gline. Nakon daljnjeg zagrevanja na vodenoj kupelji za vreme od ca. 1 sat uz češće protresivanje ulje je filtrirano, pa je kolometrijski određen intenzitet njegove obojenosti.

Sa Domaćom glinom i Tonsilom AC pravljeni su usporedni pokusi Ispitivana je njihova snaga adsorpcije za boju repičnog i lanenog ulja, te boju različnih vrsta mineralnih mazivih ulja. Nadalje smo usporedno proveli s uspjehom također odbelivanje i onih tamnih otpadnih produkata, koji se dobiju kod rafinacije i desodoriziranja masnih ulja.

Na slici 3. prikazana je grafički snaga adsorpcije, koju imade naša Domaća neaktivirana glina prema boji sirovog repičnog ulja. Odbelivanje istoga ulja provedeno je uz iste pokusne okolnosti također i sa Tonsilom AC.

Krivulje adsorpcije za Domaću glinu i Tonsil AC na slici 4. pokazuju postignute rezultate kod odbelivanja destilacionog otpadka, koji se dobiva prigodom desodoriziranja masnih ulja. Pokusne rezultate, koje smo dobili odbelivanjem laganog mašinskog ulja prikazuje grafički slika 5.

Uz određivanje boje obazirali smo se također i na brzinu filtracije, te ustanovili za pojedine vrste ulja onu količinu, koju zemlja pridrži na-

Rafinacija lakog mašinskog ulja.

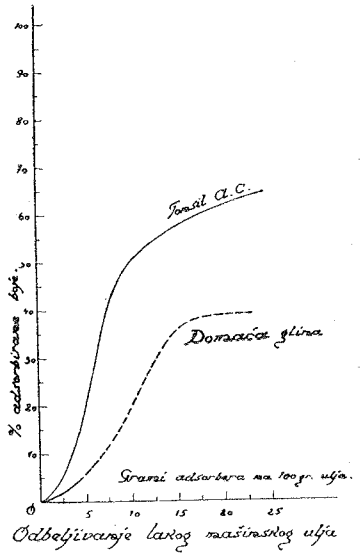
Tabela III.

Pokus	Procenti	Sredstvo za rafinaciju	Jodni broj	Katranska proba	Boja
I.	3%	Konc. sumporne kiseline	5,71	9,6	50
	5%	Domaće gline	5,51	7,8	30
	10%	Domaće gline	5,45	7,2	22
II.	4%	Konc. sumporne kiseline	5,33	8,8	35
	5%	Domaće gline	5,12	7,8	25
	10%	Domaće gline	5,08	7,0	20
III.	5%	Konc. sumporne kiseline	4,87	8	25
	5%	Domaće gline	4,51	7,2	18
	10%	Domaće gline	4,22	6,8	14
IV.	7%	Konc. sumporne kiseline	4,30	7,2	20
	5%	Domaće gline	4,00	6 8	16
	10%	Domaće gline	3,95	6,0	12
V.	10%	Konc. sumporne kiseline	3,54	6,0	15
	5%	Domaće gline	3,32	5,4	12
	10%	Domaće gline	3,44	5,2	10
VI.	15%	Konc. sumporne kiseline	3,42	5,2	15
	5%	Domaće gline	3,32	4,4	10
	10%	Domaće gline	3,21	2,2	8

kon dovršenog proceđivanja: Domaća glina pridrži nakon filtracije ca. 40% ulja od svoje težine, a Tonsil AC ca. 60%.

U koliko Domaća glina može imati udeo i značenje kod provađanja rafinacije mazivih mineralnih ulja razabire se iz tabele III. Destilat lakog mašinskog ulja podvrgnut je u nizu od 6 pokusa sistematskoj rafinaciji sa konc. sumpornom kiselinom uz kombinaciju sa Domaćom glinom.

Postignuti efekat delovanja ustanovljen je određivanjem jodnog broja, katranske probe, te određivanjem obojenosti nakon provedene rafinacije u pojedinim fazama jednog pokusa. Iz pokusa III. i V. razabire se, da se postiže približno isti konačni uspeh, ako se rafinacija provede sa



Slika 5.

10% konc. sumporne kiseline kao i onda, kada se obavi kombinirana rafinacija sa 5% konc. H_2SO_4 i 10% Domaće gline. Prema tomu uz pomoć gline količina sumporne kiseline kod rafinacije smanjuje se na polovinu, kod čega se dobije po kvaliteti još svetlije mazivo ulje.

Pokusnu rafinaciju proveli smo na taj način, da smo odvagnutu količinu H_2SO_4 dodali lakom mineralnom ulju te uz slabo zagrevanje (60 do 70°C) i mešanje dovršili rafinaciju. Nakon odelivanja kisele smole ulje je izaprano sa rastopinom NaOH i vodom. Osušenom ulju dodali smo priređenu pulferiziranu i osušenu glinu s kojom je dalje provedeno odbelivanje istim načinom, kao što je spomenuto kod masnog ulja.

Jasno je, da naše rafinerije i tvornice ulja mogu u svom pogonu rentabilne raditi sa spomenutom aktivnom Domaćom glinom, nego li sa skupim inozemnim produktima jednakih svojstava. Ova okolnost svakako je za nas od općeg ekonomskog značenja.

LITERATURA:

Dr. Leopold Singer: Anorgan. und organ. Entfärbungsmittel.
Проф. Л. Г. Гурвичъ: Научныя основы переработки нефти 1925.
П. А. Земятченскій: Поглотительныя свойства русскихъ глинъ 1919.
А. Е. Ферсман: Русскія мѣсторожденія Сукновальныхъ глинъ 1919.
Zeitscher. f. angew. Chemie.
Chemiker Zeitung, Cöthen.
Chemisches Zentralblatt.

ZUSAMMENFASSUNG.

Über die Brauchbarkeit einheimischer Tone als Bleicherden bei der Raffination mineralischer und vegetabilischer Öle.

Verfasser untersuchten eine Reihe von verschiedenen einheimischen Tonerden, um festzustellen inwieweit selbige als Bleicherden bei der Raffination von mineralischen und vegetabilen Ölen Verwendung finden können. Die Versuche ergaben, dass nur eine von den dreissig untersuchten Tonproben die Eigenschaften besass, welche die praktische Verwendbarkeit als Bleicherde bedingen. Mechanisch präpariert durch Trocknen und Mahlen, zeigt diese Tonerde die gleiche Entfärbungskraft, wie das Floridin und andere ausländische natürliche Bleicherden.

Nimmt man die Raffination der Schmieröle bei kombinierter Verwendung dieser Bleicherde mit Schwefelsäure vor, so vermindert sich die erforderliche Menge der Schwefelsäure auf die Hälfte, wie das aus den Versuchsergebnissen der Tabelle III ersichtlich ist. Fügt man den Schmierölen bei der Raffination grössere Mengen Schwefelsäure hinzu, so wirkt sie zerstörend auf die hochmolekularen Verbindungen ein, wodurch die Viskosität, eine hochgeschätzte Eigenschaft der Schmieröle, vermindert wird. Aus diesem Grunde verwendet man in der letzten Zeit bei der Raffination der Schmieröle die Schwefelsäure in Kombination mit einer Bleicherde. Es wird dadurch auch noch die rationelle Durchführung der Raffination bedeutend erleichtert, weil bei dieser Methode eine lästige Operation, das Digerieren der Öle mit Natriumhydroxydlösung, nicht vorkommt. Die Bleicherde wirkt nicht nur entfärbend, sondern sie neutralisiert und stabilisiert zugleich auch die vorher mit Schwefelsäure behandelten Schmieröle.

Mit unserer hemischen Bleicherde haben wir auch die Raffination der verschiedenen vegetabilischen Öle mit sehr gutem Erfolge druchgeführt, wie das aus der graphischen Darstellung der Versuchsergebnisse (Figur 3 und 4.) hervorgeht. Die Bleicherde wirkt bei der Raffination der fetten Öle entfärbend, bindet die freien Fettsäuren, Schleime und Eiweiss-stoffe und entfernt aus den Ölen auch Riechstoffe und andere Verunreinigungen. Weiterhin haben unsere Versuche ergeben, dass man die Adsorptionskraft unserer Tonerde durch Aktivierung mit Schwefelsäure vergrössern kann, wie man das aus der graphischen Darstellung der Figur 2 ersieht.

Unsere Raffinerien und Ölfabriken können in ihrem Betriebe mit dieser heimischen Bleicherde sicher rentabler arbeiten als mit ausländischen ähnlich wirkenden Produkten, welche Tatsache für uns eine allgemeine ökonomische Bedeutung besitzt.

Nekoliko opažanja prilikom proučavanja vatrometnih smesa.

(Prethodno saopštenje).

I. V. Voljanski.

Kako je poznato, tako zvane »nove« (ratne) vatrometne smese i to naročito za belu vatru sadrže kao glavni sastojak metalični aluminium ili magnezium (ili oba zajedno) u obliku sitnog praška. Radi što energičnijeg sagorevanja ove smese sadrže obično kalium-nitrat ili kalium-hlorat event. barium-nitrat ili hlorat. Ovakva se smesa obično presuje (uz dodatak male količine šelaka, gumi-arabike i sl. kao sredstva za vezivanje) u plehani ili kartonski cilindar i tako se dobiju tako zvane »zvezdice«.

Pre izvesnog vremena opaženo je bilo kvarenje takvih zvezdica, i to naročito onih upresovanih u cinkani cilindrić (»košuljicu«). Prilikom proučavanja ove pojave, naročito u pogledu istraživanja uzroka i uslova njihovog kvarenja, dobiveni su neki rezultati, koji se u kratko mogu rezimirati ovako:

1. — Smese, koje sadrže aluminium ili magnezium u obliku praška veoma su osetljive prema vlazi, te se u slučaju nehermetičkog pakovanja kvare pod uticajem iste, stvarajući okside odnosno hidrokside.

2. — Iz ovih je razloga sadržaj vlage u pokvarenim smesama veoma malen — prema tome određivanje količine vlage u vatrometnoj smesi ne može da služi kao faktor za procenu njene ispravnosti.

3. — Proučavanje procesa uzajamnog delovanja metaličnog magneziuma i aluminiuma utvrdilo je da prisustvo soli (nitrata i hlorata) taj hemizam naročito potpomaže.

Taj je fakat dokazan i kontrolnim pokusima.

a) Otopina KNO_3 + hemijski čisti Zn (granul.) kroz nekoliko meseci (na sobnoj temperaturi) pokazala je veću količinu belog amorfnog taloga u kojem su ustanovljene $Zn^{\cdot\cdot}$ i NO_3'; otopina je jako alkalna — prisustvo NH_3 poznaje se prema mirisu i svima drugim reakcijama.

U ovom slučaju verovatno nastupa reakcija:

$$Zn + KNO_3 + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)NO_3 + KOH + 2H$$
$$KNO_3 + 8H \rightarrow KOH + 2H_2O + NH_3$$

jer samo stvaranjem nascentnog vodika može da se objasni redukcija nitrata do amonijaka.

b) Otopina $KClO_3$ + Zn (granul.) daje za nekoliko mjeseci beli amorfni talog, u kojem su dokazani $Zn^{\cdot\cdot}$ i ClO'_3; otopina ima jako alkalnu

reakciju i u njoj je pored $K^{\cdot}$ i ClO'_3 dokazan Cl'. U ovom se slučaju verovatno javlja reakcija:

$$KClO_3 + Zn + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)ClO_3 + KOH + 2H$$
$$KClO_3 + 6H \rightarrow KCl + 3H_2O$$

Bezuslovno da slični procesi nastupaju i pri delovanju vlage vazduha na vatrometne smese — u toliko više da se kod pokvarenih smesa obično opaža prisustvo NH_3.

Ove pojave bezuslovno spadaju u kategoriju pojava, koje se kategorišu kao »propadanje jednog čvrstog tela, koje nastupa usled nenamernog hemijskog ili elektrohemijskog nagrizanja površine« t. j. »korozije« prema definiciji državnog odbora za zaštitu metala u Nemačkoj.

Opažanja kod vatrometnih smesa utvrđuju da tu ima mesto »korozija« i to:

4. — Smese koje sadrže istovremeno oba pomenuta metala (*Al*, *Mg*) kvare se mnogo brže, nego li one sa jednim metalom — isto i reakcije navedene pod 3) idu mnogo brže.

5. — Smese koje se nalaze u cinkanoj ili željeznoj košuljici (omotu) kvare se mnogo brže, nego li one u kartonskim ili papirnatim omotima.

6. — U prisustvu vlage zbog delimičnog otapanja nitrata (ili hlorata) stvara se galvanski članak (*Mg-Al*; *Al-Zn*; *Mg-Zn*) koji potpomaže ovaj r e d u k c i o n o- (za anione) o k s i d a c i o n i (za katione) proces; tom se prilikom stvara nascentni vodik, koji reducira KNO_3 do NH_3, a $KClO_3$ do *KCl* i kao sekundarni procesi ide stvaranje *KOH* i bazičnih soli dotičnog metala.

7. — Kao dokaz uzajamnog delovanja *Zn* i *Mg* (ili *Al*) — što je navedeno u t. 5 i 6 — može pored svega da služi taj fakat da je kod smesa pokvarenih od vlage obično cinkana košuljica oksidisana ne sa spoljne strane, kako bi se to moglo očekivati (uticaj vlage vazduha), nego samo sa unutrašnje t. j. na mestu dodira sa vatrometnom smesom (sa *Mg* ili *Al*).

8. — Ovaj se proces još više ubrzava, ako se mesto *Zn* (u omotu) uzme *Fe*, jer u tom slučaju imamo još veću razliku potencijala.

9. — Ako smesa sadrži u svom sastavu sumpor, isti u slučaju sličnog procesa prelazi u H_2S, što se opaža kod nekih pokvarenih od vlage smesa.

Proučavanje izloženih gore pojava produžit će se.

Fakat da se u vatrometnim smesama pod uticajem vlage KNO_3 reducira do NH_3, $KClO_3$ do *KCl*, a *S* do H_2S — može se objasniti samo delovanjem nascentnog vodika, jer bi se uticaj same vlage ograničio stvaranjem oksida odnosno hidroksida metaličnih sastojaka smese (*Mg*, *Al*), a ne bazičnih soli istih metala. Ove se pojave lako objašnjavaju pretpostavkom da se u prisustvu dvaju različitih metala i otopine soli (KNO_3 ili $KClO_3$) stvara galvanski članak, koji ubrzava taj proces i da se to događa kod kvarenja vatrometnih smesa.

Sva se ova fakta potpuno poklapaju sa onima, koji su opaženi kod proučavanja »korozije« metala i prema tome kvar vatrometnih smesa,

koje sadrže metale, može se smatrati kao pojedinačni slučaj pojave kod metala, koja u opšte nosi naziv »korozije«.

*

Literatura o koroziji navedena je kod Fr. Müllera Z. angew. Chem. 11, 225 (1930).

RESUMÉ:

Considérations sur les causes et les circonstances d'avarie des artifices.

Dans les artifices qui contiennent les Al et Mg métalliques, sous l'influence de l' humidité on observe la création des sels basiques du métal correspondant et la réduction du nitrate au NH_3 et du clorate au chloride. La présence de deux métaux differentes (Al-Mg) provoque la création d'une paire galvanique qui favorise ce procédé de la réduction-oxydation.

Ces phenomènes d'avarie des artifices on peut considérer comme le cas particulier de la »corrosion« des métaux.

1. Problem izvijanja. 2. Omer modula elasticiteta $n = \frac{E_e}{E_b}$ kod armiranog betona. 3. Statička opasnost loma čvrstih građevnih materijala i izrađevina.

M. Roš.

Problem izvijanja,

koji je ujedno problem stabilnosti i pitanje najpovoljnijega omernoga broja

$$n = \frac{E_e}{E_b} = \frac{E_{\text{železo}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{\text{presek železne armature}}{\text{istovredni presek betona}}$$

koji pripada u problem čvrstoće, a isto tako i

statička opasnost loma čvrstih tela

mogu se u osnovi rešiti samo na temelju proučavanja ispravnog diagrama za naprezanje i produljenje u području izvan granica proporcionalnosti i popuštanja.

Sledeća kratka izlaganja odnose se na rezultate ispivanja koja su izvedena u Eidg. Materialprüfungsanstalt an der Eidg. Technischer Hochschule u Zürichu u god. 1925.—1930.

Ispitivanje materijala u laboratoriju,

kontrola u tvornicama, radionicama i na gradnjama, te

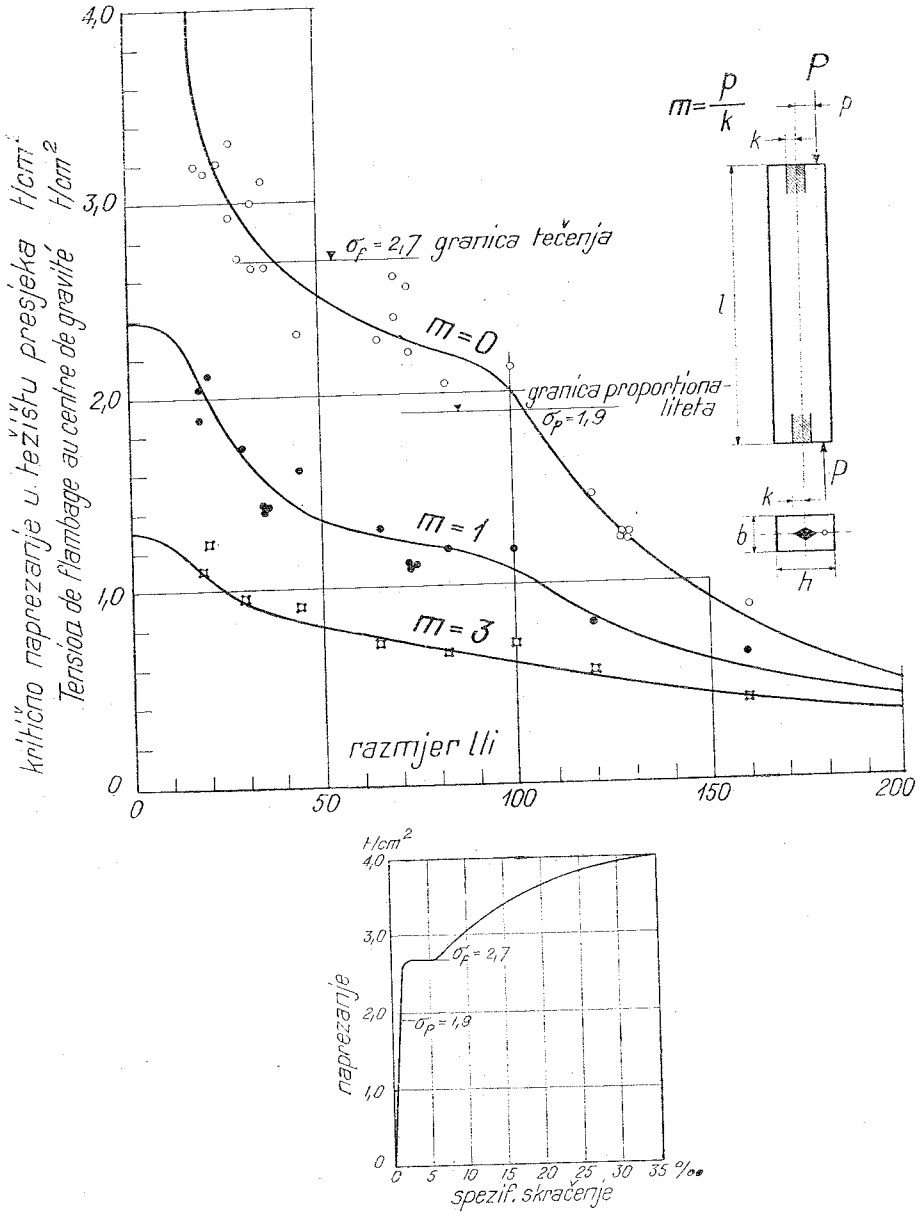
ispitivanja i iskustva stečena na izvedenim gradnjama

mogu samo kao nerazdeljiva celina da posluže inženjeru kod pravilnog i racionalnoga iskorišćenja građevnog materijala i izrađevina (Werkstoff) tako da se on netreba bojati za solidnost svoga rada.

1. Problem izvijanja.[1]

Kod računanja i konstruktivne izvedbe treba pritisnutim delovima konstrukcije posvetiti najveću pažnju. Najčešća rušenja nastala su zbog nedovoljne sigurnosti kod izvijanja, pri čemu se nije obraćala dovoljna pažnja na to da se kod izvijanja umanjuje sigurnost zbog ekscentričnoga hvatišta sila.

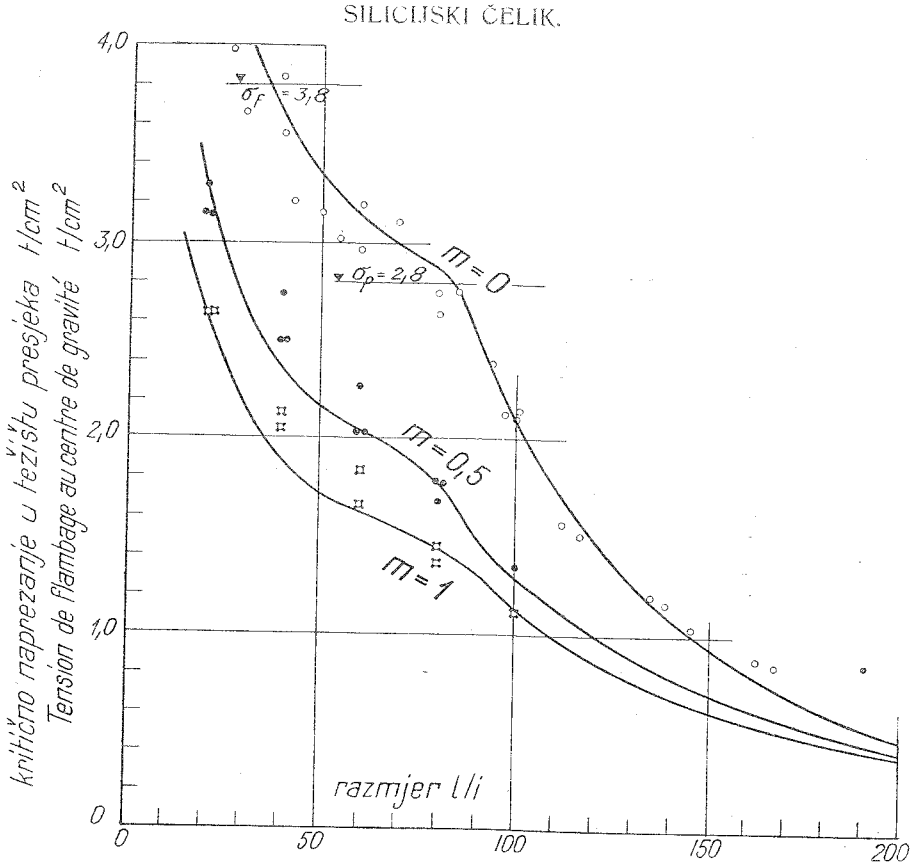
Pravilno shvaćanje bitnosti izvijanja kao problema stabilnosti, isto kao i fizički pravilna predodžba samog toga izvijanja jest od najveće važnosti.

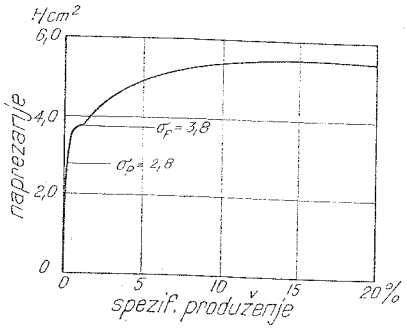


Sl. 1.

Oslanjajući se na ova saznanja provedena su u zavodu za ispitivanje gradiva u Zürichu ispitivanja sa centrično i ekscentrično opterećenim štapovima iz konstruktivnog čelika, livenoga željeza i drveta, te su rezultati tih ispitivanja sravnjeni sa teorijom.

U svim se je slučajevima pokazalo da se nosivost kod izvijanja znatno umanjuje kad je hvatište sile ekscentrično, bilo da je ta ekscentričnost samo u jednoj osi ili je istodobna u obe glavne osi.





Sl. 2.

Uplivi

d i a g r a m a z a p r i t i s a k i s k r a ć e n j e

i

e k s c e n t r i č n o s t i h v a t i š t a s i l e

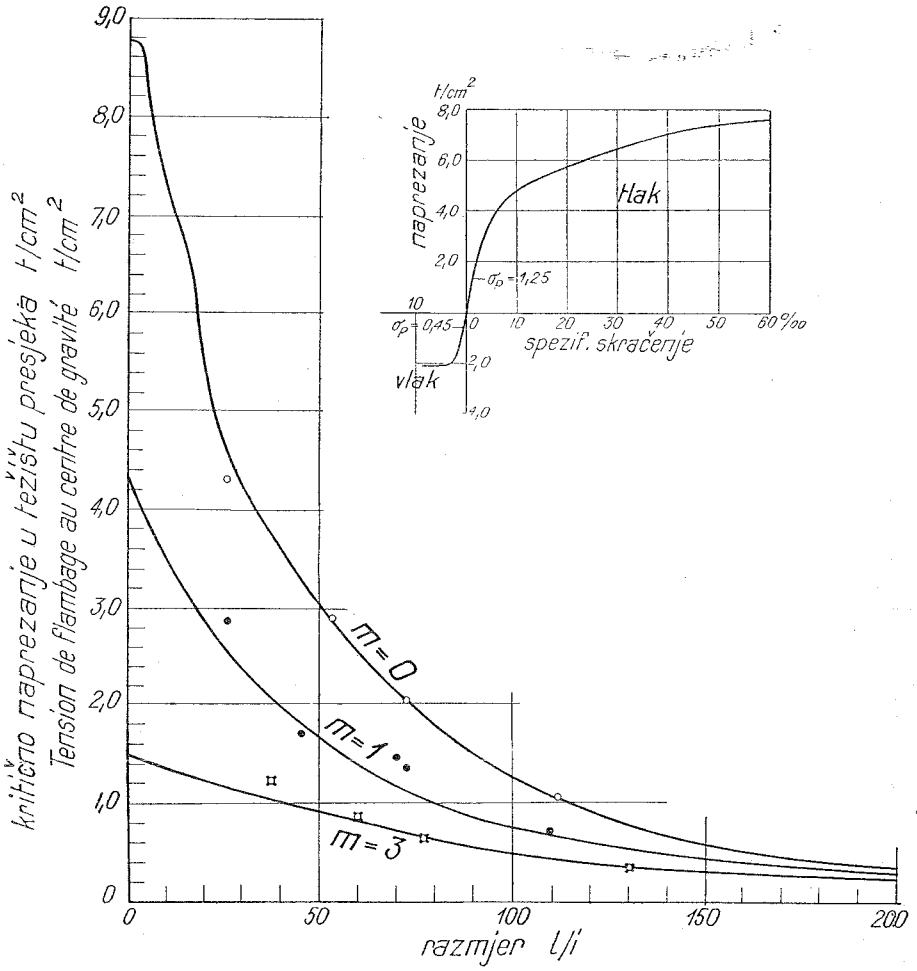
kao dva glavna faktora stabilnosti kod izvijanja, na čije značenje osobito upozoravamo, predstavljeni su u slikama 1—4, kao funkcije stepena vitkoće

$$\frac{l}{i} = \frac{\text{slobodna daljina izvijanja}}{\text{radius tromosti preseka}};$$

1) Krivulje naprezanja u težištu preseka σ_k za normalni konstruktivni čelik; hvatište centrično i ekscentrično; merilo ekscentričnosti $m = \frac{p}{k} =$

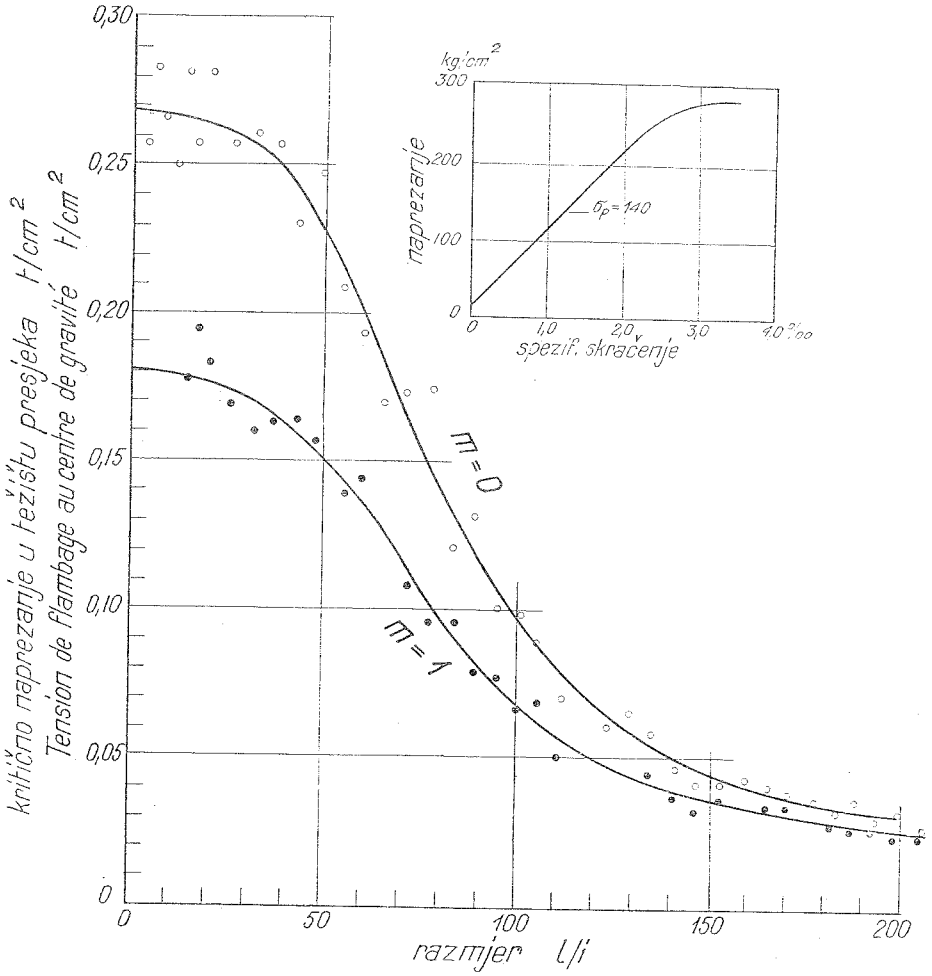
$= \frac{\text{ekscentričnost hvatišta sila}}{\text{daljina jezgre}}$ (sl. 1.)

LIVENO ŽELEZO.

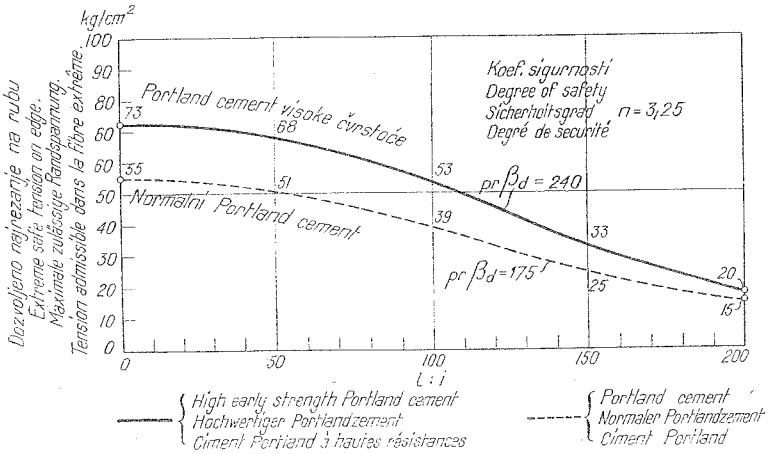


Sl. 3.

2) Silicijski građevni čelik; σ_k -krivulja; hvatište sile centrično (sl. 2.)
3) Liveno železo; σ_k -krivulje; hvatište sile centrično i ekscentrično (sl. 3.)
4) Građevno drvo; σ_k -krivulje; hvatište sile centrično i ekscentrično (sl. 4.)
5) Armirani beton; krivulje naprezanja na rubu preseka zbog izvijanja kao funkcije stepena vitkoće $\frac{l}{i} = \frac{\text{slobodna daljina izvijanja}}{\text{radius tromosti preseka}}$ (sl. 5.)

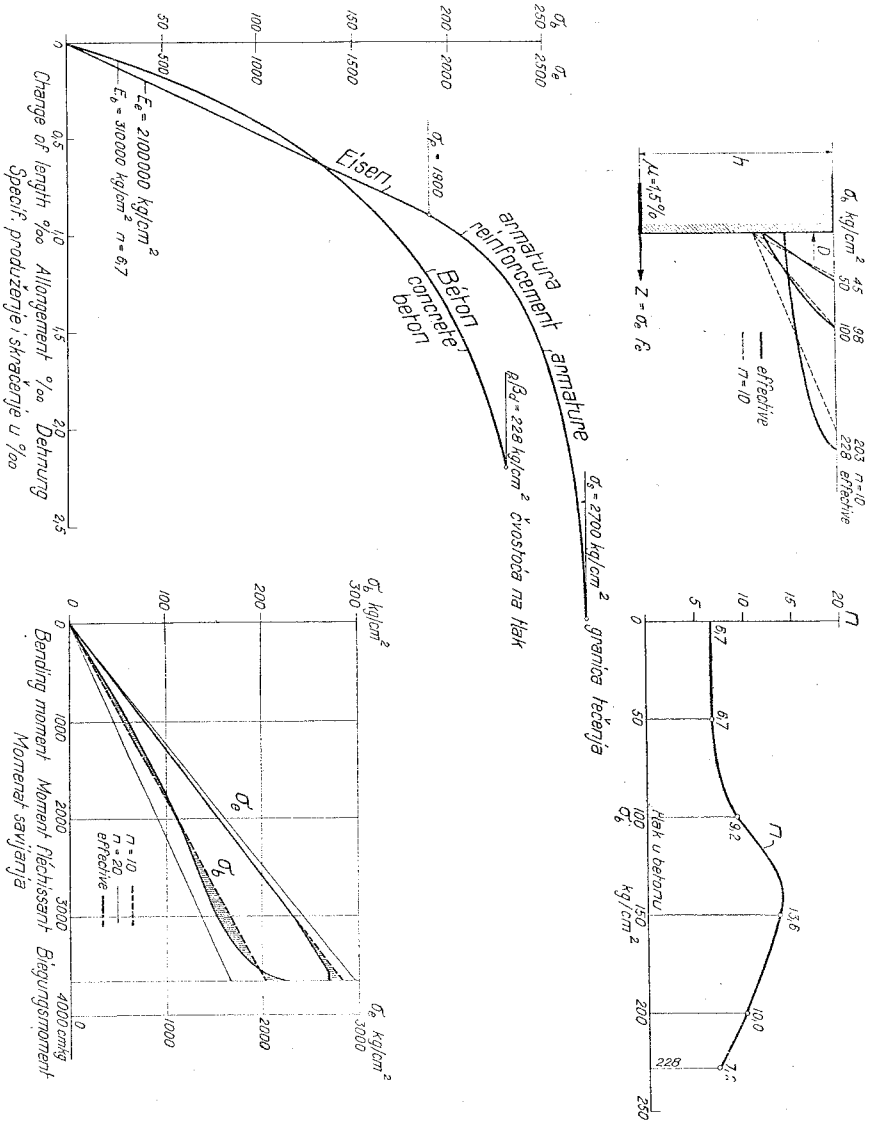

kritično naprezanje u težištu presjeka t/cm²
Tension de flambage au centre de gravité t/cm²
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0
0
50
100
150
200
razmjer l/i
m=0
m=1
kg/cm²
300
200
100
0
naprezanje
σp=140
0
1,0
2,0
3,0
40‰
spezif. skraćenje

Sl. 4.


kg/cm²
Dozvoljeno naprezanje na rubu
Extreme stiffe tension on edge.
Maximale zulässige Randspannung.
Tension admissible dans la fibre extrême.
Portland cement visoke čvrstoće
Normalni Portland cement
Koef. sigurnosti
Degree of safety
Sicherheitsgrad
Degré de sécurité
n=3,25
pr βd=240
pr βd=175
73
68
55
51
53
39
33
25
20
15
0
50
100
150
200
l:i
High early strength Portland cement
Hochwertiger Portlandzement
Ciment Portland à hautes résistances
Portland cement
Normaler Portlandzement
Ciment Portland

Sl. 5.

Ovi diagrami daju konstrukteru svako željeno razjašnjenje u pitanjima centričnog i ekscentričnog izvijanja za konstruktivni čelik, liveno željezo, građevno drvo i armirani beton.



Sl. 6.

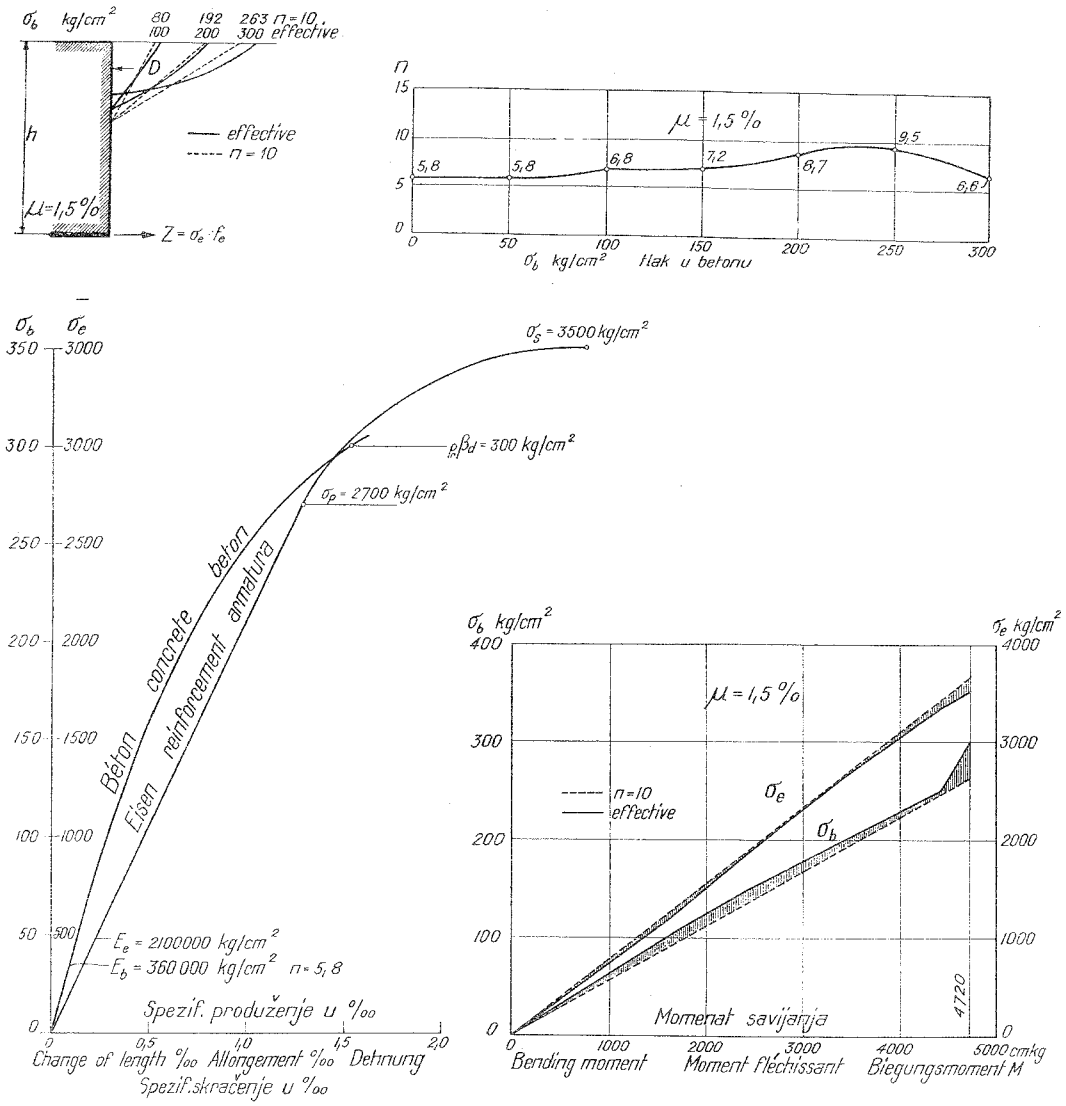
2. Omerni broj $n = \frac{E_e}{E_b}$ za armirani beton.[2]

Omerni broj

$$n = \frac{E_e}{E_b} = \frac{E_{\text{željezo}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{\text{površina preseka železne armature}}{\text{istovredni presek betona}}$$

dolazi u obzir kod računanja unutarnjih naprezanja na pritisak i savijanje opterećenih železo-betonskih spojnih tela kao posledica pretpostavke da, ravni preseci kod deformacije ostaju ravnima, i da vredi proporcionalnost između naprezanja i deformacije.

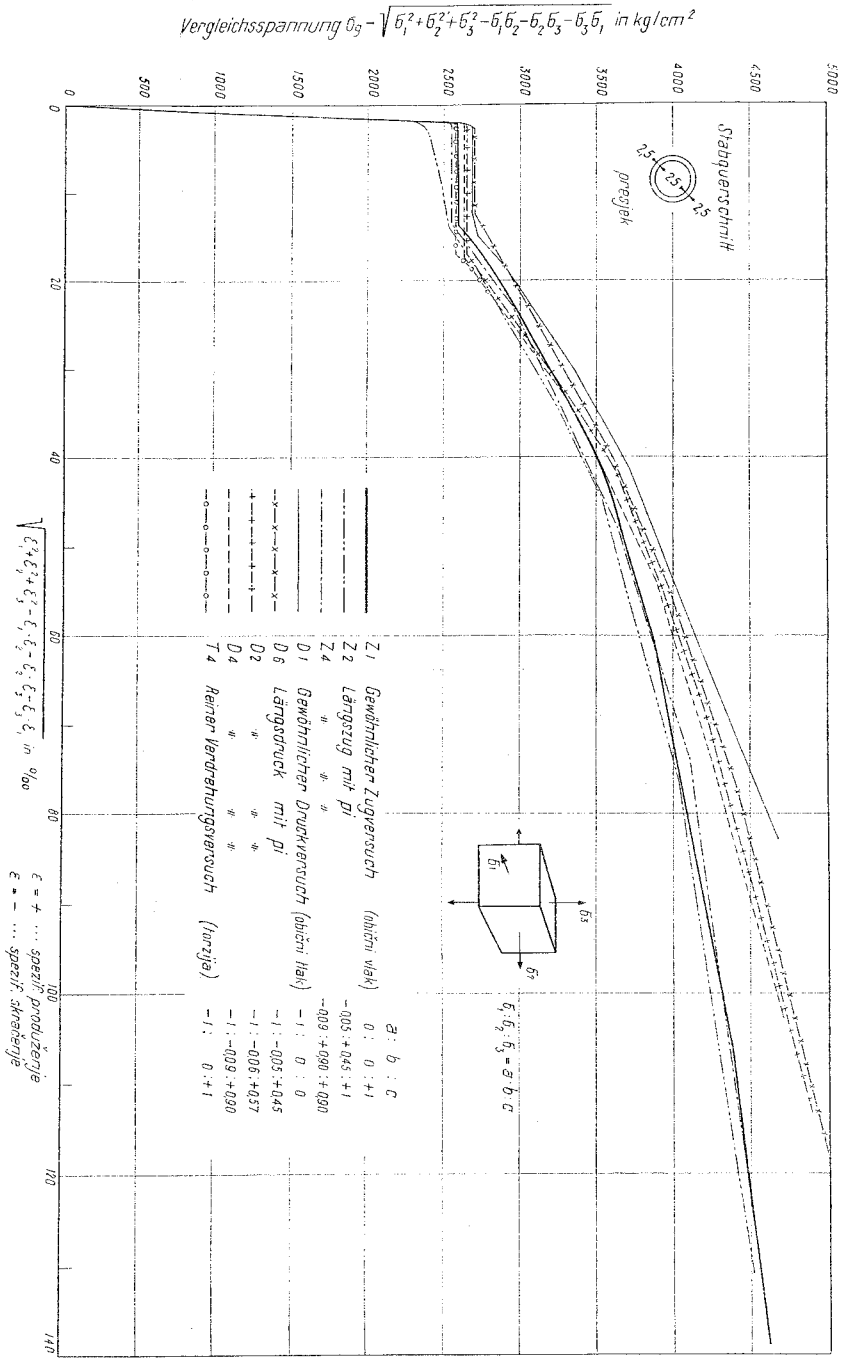
On utiče na veličinu naprezanja na vlak u armiranom železu a još više na veličinu naprezanja betona na pritisak. Omerni broj n je u zvaničnim propisima raznih država vrlo različit. Za razne vrednosti n u propisima pojedinih zemalja moraju naprezanja na pritisak u betonu, koja su izračunana na osnovu obične teorije armiranog betona da imaju za



Sl. 7.

isto opterećenje razne vrednosti i ako je u istinu moguće samo jedno takovo stanje naprezanja odgovarajućih ravnoteža između vanjskih sila i unutarnjih naprezanja. Kod toga nije uzeto u obzir naprezanje na vlak u betonu.

Razlike u izračunanim veličinama naprezanja mogu da budu znatne već prema raznim vrednostima omernog broja n i da iznose do 70%.



Sl. 10.

vrednosti za n izračunano naprezanje na pritisak u betonu po običnoj teoriji armiranog betona, odgovara pravoj vrednosti tog naprezanja. Različite vrednosti za n deluju praktički neznatno na naprezanje na vlak u čeličnoj armaturi.

Tok diagrama za pritisak i skraćenje betona i diagrama za vlak i produljenje čelične armature, oblik preseka opterećenog savijanjem i pro-

centualna veličina armature određuju podelu unutarnjih naprezanja za spojeno telo.

Pokusi su izvedeni na betonskim prizmama kvadratičnog preseka na pritisak i čelične armature na vlak, kao i na armiranim nosačima opterećenim savijanjem. Kod toga je upotrebljen

kvalitetni beton sa prizmatičnom čvrstoćom betona $_{pr}\beta_d \sim$ 230 kg/cm²

beton visoke kvalitete sa prizmatičnom čvrstoćom betona $_{pr}\beta_d \sim$ 300 kg/cm²

i procentualna armatura (normalno i dobro armirana) 1—1, 5%

Ti su pokusi doveli do sledećih činjenica:

1. Za nosače opterećene savijanjem sa kvalitetnim betonom $_{pr}\beta_d$ 230 kg/cm² i beton visoke kvalitete $_{pr}\beta_d$ 300 kg/cm² kao i sa armaturom $\mu = 1, 5\%$, kreće se omerni broj n, već prema veličini naprezanja između n $\sim$ 7 do n $\sim$ 14, i iznosi u srednjem n = 10. Sa tom srednjom vrednosti prema teoriji armiranog betona izračunata naprezanja na vlak u čeličnoj armaturi i na pritisak u betonu vrlo se dobro podudaraju sa faktičnim naprezanjima (sl. 6. 7. i 8.)

2. Kod armiranih stupova opterećenih pritiskom sa kvalitetama betona kao kod 1. kreće se omerni broj n između $n \sim 6$ i $n \sim 12$ i iznosi $\sim$ 10 (sl. 9.)

Iz ovih činjenica može se izvesti sledeći interesantan zaključak: za kvalitetni i visoko-kvalitetni beton, koji se prema današnjem visokom stanju industrije portland-cementa i na temelju našega znanja o uticaju pojedinih faktora (cement, pesak-šljunak, voda, priprava betona i postupak s njime) na čvrstoću i elascitet betona na svakoj pravilno vođenoj gradnji bez poteškoće mogu ostvariti, sa omernim brojem n = 10 po teoriji armiranog betona, računski dobivene vrednosti naprezanja kod savijanja (nosači) i pritiska (stupovi) leže vrlo blizu faktičnim naprezanjima unutar dopuštenih naprezanja pa i iznad, sve do iscrpljenja njihove nosivosti (sl. 6. 7. i 9.)

3. Statička opasnost loma čvrstog građevinskog materijala i izrađevina.

Iscrpni pokusi na žilavim materijalima i izrađevinama,[3] — taljeni čelik, liveni čelik, bakar, aluminium i tombak, — kao i na krhkim građevnim materijalima[4] — mramor, cement, beton, porcelan i veštačka smola — koje su bile podvrgnute jedno ili više osovinskim stanjima naprezanja doveli su do spoznaje, da svaki materijal ima svoju posebnu teoriju čvrstoće kao posledice svoga unutarnjega sastava i svoga deformacionog mehanizma.

Žilavi materijali.

Kod plastične deformacije metala kao posledice klizanja vredi po Roš-Eichingeru generalizovana Mohrova teorija, koja se točno podudara sa teorijom konstantne energije oblika t. j. uz uslov plasticiteta po Huber-v. Mises-Hencky-u:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3 = (2\varkappa)^2$$