

Dragan Borojević, dipl. ing.
Hrvatska Elektroprivreda
DP Elektra - Zagreb

1-02

PRILOZI METODOLOŠKOJ OBRADI ELEKTROENERGETSKIH MREŽA VEĆIH GRADOVA

SAŽETAK

Ovaj rad daje osvrt na energetske, elektroenergetske i prostorne podloge za razvoj distributivnih mreža većih gradova. Ukazuje na njihovu važnost, međusobnu povezanost, popratne probleme i na moguća unapređenja u metodološkoj obradi tih podloga.

Ključne riječi: usmjeravanje energetske opskrbe, elektroenergetski normativi, elektroenergetska mreža, prostorno rješenje

CONTRIBUTIONS TO METHODOLOGICAL ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER NETWORKS IN CITIES

ABSTRACT

This paper gives a review of energy, electrical power and land use supporting data required for the development of distribution networks in cities. It points out their importance, interrelations, related problems and potential improvements in the methodological analysis of these data.

Key words: directing energy supply, electricity consumption standards, electrical power network, land use plan

1. UVOD

Planiranje elektroenergetskih mreža je jedan od najvažnijih zadataka u razvoju energetske infrastrukture gradova i područja. Posebno ćemo se osvrnuti na veće gradove, jer oni predstavljaju zone s najvećim intenzitetom izgrađenosti, jer se obično u njima računa s više energetske resursa, jer se radi o znatnim iznosima površinske gustoće opterećenja (MW/km²) i jer je, shodno tome, planiranje u takvim prilikama najsloženije.

Koncepcija napajanja većih gradova električnom energijom polazi od planiranja na dulji rok. U njoj se na osnovi dugoročnih orijentacija razrađuju etape, koje su podloga za bliža planiranja. Na taj način se postiže da bliža planiranja, koja su osnova za neposrednu izgradnju objekata, omogućavaju skladan razvoj u daljnjim etapama u okviru jedne optimalne elektroenergetske koncepcije.

Rokovi dugoročnog planiranja približno odgovaraju prosječnoj životnoj dobi najvećeg dijela osnovne elektroenergetske opreme i kreću se između 25 i 35 godina. Kod nas je često taj rok 30 godina i on odgovara roku prostornih urbanističkih planova, čije se podloge velikim dijelom koriste kod izrade osnovnih rješenja elektroenergetskih mreža.

Karakteristična točka na vremenskom pravcu razvoja je ona koja odgovara postojećem stanju. To je godina koja cijeli period istraživanja i analize dijeli na protekli period, čije trajanje je različito za pojedine gradove odnosno područja i budući period koji odgovara roku planiranja. I u jednom i u drugom periodu se analize svode na konzum i elektroenergetsku mrežu. Na taj se način bitne karakteristike prethodnog razvoja (posebno one koje su vezane uz rezerve u mreži, dotrajalogost i tehnološku zastarjelost mreže, te mogućnost prihvatanja novog konzuma) uzimaju kao polazišta ili dio pretpostavki budućeg razvoja. Osnovna rješenja elektroenergetskih mreža gradova tako izrađena najčešće su predstavljala jedine podloge za razvoj budućih mreža.

Svrha ovog rada je da ukaže na to da bi obradu elektroenergetske infrastrukture većih gradova trebalo unaprijediti i u pristupu i u sadržaju. Cjelovite analize bi trebalo raditi kroz nekoliko osnovnih rješenja na osnovi kojih bi se po potrebi izrađivali posebni specijalistički elaborati i projekti.

Bilo bi korisno kad bi slijed analiza bio takav, da polazno osnovno rješenje bude ono koje obrađuje kompleksno usmjeravanje opskrbe energijom. Ono bi sadržavalo odgovarajuće smjernice u energetske pogledu za izradu osnovnog rješenja elektroenergetske mreže, nakon kojeg bi slijedilo osnovno prostorno rješenje, koje bi dugoročno omogućavalo smještaj krupnih elektroenergetskih objekata u urbani prostor.

Navedenim cjelovitim pristupom bitno se unapređuje planiranje, omogućuje se dosljedna realizacija predloženih konceptijskih rješenja, te osigurava brža i ekonomičnija realizacija investicija. Ovaj rad, osim što upućuje na takav pristup, ukazuje na usputne probleme koji se kod toga pojavljuju i na moguća rješenja.

2. POLAZNE PRETPOSTAVKE ZA IZRADU OSNOVNOG RJEŠENJA ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Nužna pretpostavka za izradu osnovnog rješenja elektroenergetske mreže je da su za grad koji je predmet obrade prethodno postavljene koncepcije prostornog urbanističkog razvoja. S obzirom na to, treba imati na umu da će rezultati obrade elektroenergetske infrastrukture na izvjestan način biti izvedeni iz predhodnih podloga, pa će u osnovi biti odraz politike prostornog planiranja i stupnja optimizma u predviđanjima budućeg gospodarskog razvoja.

Planer elektroenergetske mreže bi trebao imati manje ili više razrađen urbanistički plan grada, kao minimum potrebnih podloga. Uz to on treba nastojati prikupiti što više dodatnih podataka, koji se odnose na stanovništvo i gospodarstvo. Najčešće uspostavlja kontakt s gradskim upravama, čiji resori ga upućuju u specifične planove razvoja, koji su izrađeni ili su u toku ili u pripremi. Zatim anketira industrijske i ostale veće potrošače električne energije o njihovim planovima razvoja i potrebama u pogledu energije. Na taj način se upotpunjavaju

ulazni podaci za obradu budućih potreba grada. Ovaj dio posla je vrlo složen, te traži od planera veliko iskustvo i znanje, kako bi mogao ocijeniti kvalitet primljenih informacija i kako bi ih mogao valorizirati, te eventualno korigirati. Bez takvog pristupa ovaj dio pripreme bi se previše formalizirao, a ulazni podaci bi mogli sadržavati nelogična odstupanja, koja bi mogla dovesti do nepoželjnih pogrešaka, s obzirom da se radi o velikom broju ulaznih veličina. Vrlo često je planer prisiljen da parcijalnim prethodnim obradama provjeri primljene podatke i ustanovi eventualne međusobne nelogičnosti i nerealnosti, pa u takvim slučajevima upozorava na to, te uz dodatna preispitivanja i konzultacije traži korekcije. Ukoliko su neka predviđanja dvojbeni, korisno je analize budućih potreba raditi varijantno, pa se analize svode na traženje elastičnih rješenja, koja će zadovoljavati potrebe u određenim granicama.

U suštini svako rješenje konceptijski treba biti dovoljno elastično, tako da se u blizim etapama ne ulažu unaprijed prevelika sredstva, a da se opet može jednostavnim transformacijama prihvaćati daljnji porast konzuma u narednim etapama.

3. OSVRT NA OPSKRBU GRADOVA ENERGIJOM

Energija je jedan od osnovnih infrastrukturnih sadržaja potrebnih za život čovjeka i u samom je vrhu udjela u ukupnoj djelatnosti čovječanstva. Ona je posebno važna za funkcioniranje i razvoj većih suvremenih gradova u kojima su koncentrirani industrijski, poslovni, društveni i stambeni objekti i u kojima je izrazito razvijena prometna i komunalna infrastruktura.

Nezamislivi su formiranje, razvoj i organizacija života gradova bez trajno pouzdane opskrbe energijom. Zbog toga i veliki značaj imaju studije o energetici gradova, te rješenja i projekti koji pružaju podloge za usmjeravanje, planiranje i izgradnju objekata, koji će te potrebe zadovoljiti. Prema tome energija je jedna od osnovnih pretpostavki razvoja i općenito organizacije cjelokupnog života.

Osiguranje energetske potrebe pojedinih gradova ovisi o različitim faktorima. Tu su bitni položaj i veličina grada, te njegovo energetske okruženje. U našim uvjetima najčešće je bitno koliko je i u koje namjene razvijena plinska energetska infrastruktura i koliko je razvijena infrastruktura grada za toplifikaciju (centralno grijanje i priprema tople vode). S obzirom na te faktore može se reći da će se specifične elektroenergetske potrebe pojedinih gradova znatnije razlikovati. Na te razlike će također značajno utjecati geografski smještaj samog grada, njegova veličina, te njegovi karakteristični sadržaji.

Za usmjeravanje i razvoj opskrbe energijom su bitne ekonomske pretpostavke tog razvoja. Dosadašnje ekonomske pretpostavke u opskrbi energijom sve veću prednost daju plemenitim nosiocima energije u koje se ubrajaju i topla voda, plin, te električna energija. Ovi nosioci su nužni zbog razvojnih tehnoloških potreba, a ujedno omogućavaju korisniku brzo i jednostavno opskrbljivanje potrebnim vidovima energije uz visok komfor. Na taj način se postiže i ušteda rada, što je bitno za gospodarski razvoj u kome cijena ljudskog rada i njegovog slobodnog vremena sve više raste. Za ilustraciju odnosa ljudskog rada kod različitih nosilaca energije navest ćemo primjere za dobivanje istog energetskeg efekta u kućanstvu iz ugljena i prirodnog plina. Dok je kod upotrebe ugljena u kućanstvu za sve faze od nabave do loženja i čišćenja peći, te odnošenja šljake po toni potrebno oko 30 sati rada članova kućanstva, dotle je rad pri upotrebi prirodnog plina za dobivanje istog energetskeg efekta praktički jednak nuli.

Stalni rast potreba za energijom doveo je do toga da se najveći dio cjelokupnog rada za dobavu korisne energije utroši za izgradnju energetske objekata i uređaja. Zato je u energetici od posebnog značaja ekonomija investicija.

Pri planiranju energetske potreba treba početi od cjelovite opskrbe kućanstava, pratećih zajedničkih sadržaja i industrije. Kod toga se pretpostavlja da je potrebno težiti osnovnom cilju, a taj je da se te potrebe usmjere na najpovoljnije oblike energije prema kriteriju minimalnih troškova cjelovite energetske opskrbe, uz uvažavanje nužnih ograničenja. Prema tome osnovno rješenje kompleksne energetike će ponuditi dugoročno poželjno rješenje sa stanovišta šire zajednice. Do kog stupnja će ono biti realizirano ovisi o mjerama energetske i ekonomske politike gradova, regija i šire zajednice kao cjeline. O izostanku provedbe pojedinih mjera ovisit će vrsta i intenzitet poremećaja u energetskej opskrbi.

Ono što je bitno u elektroenergetskoj opskrbi je to, da je ona najosjetljivija na energetske poremećaje, zato jer se svaki poremećaj bilo kojeg resursa direktno odražava na području elektroenergetike. U tom pogledu naročito je izložena distribucija električne energije, jer njene instalacije dolaze do svakog potrošača i omogućavaju mu korištenje tog vida energije u svako vrijeme. Tako ispada da je elektroenergetska mreža rezerva za sve poremećaje u energetici, bez obzira da li je to planirano ili ne.

Sve prethodno iznesene konstatacije upućuju na značaj i potrebu izrade osnovnog rješenja kompleksne energetike. No istovremeno treba naglasiti, da i kad takvo rješenje postoji, treba biti vrlo oprezan u korištenju njegovih rezultata, jer oni imaju značajne reperkusije na osnovno elektroenergetsko rješenje. U tom pogledu treba naglasiti da su se dosadašnje obrade kompleksne energetike kod nas dosta rijetko radile i nisu bile previše praktične naravi. Takve obrade obično nisu davale podloge za provedbu, nego su studijski obrađivale poželjne varijante, koje ponekad nisu bile ni približno ostvarive, bez obzira što su teoretski optimalne. One su najčešće ovisile o nizu mjera, koje je bilo teško ispuniti, pogotovo u uvjetima energetske oskudice.

Tretman električne energije u optimalno poželjnim energetskej varijantama je obično takav da se njeno šire korištenje u kućanstvima izbjegava. Obično se ono svodi na najnužnije potrebe. Ekstremno gledano, potrebe svih kućanstava u tim varijantama bi se mogle svesti na jedan skroman normativ. Shodno tome takve energetske podloge bi upućivale i na skromnije dimenzioniranu elektroenergetsku mrežu. Tu nastaju problemi, jer bi takva buduća mreža mogla biti poddimenzionirana u odnosu na realne potrebe konzuma na koje upućuje iskustvo. S druge strane jače dimenzionirana mreža u odnosu na optimalni energetskej konzum bila bi skuplja po kWh zbog manje realizacije. U takvim uvjetima zadatak planera elektroenergetske mreže je da pronađe elastično kompromisno rješenje. To ujedno ukazuje i na specifične zahtjeve koje elektroenergetičari trebaju postavljati na studije kompleksne energetike i u pogledu sadržaja, metoda, konačnih podloga i naročito u pogledu njihove provedbe.

Na ove probleme su ukazale studije odnosno rješenja rađena za grad Zagreb. U L - 7. 2 je studijski obrađeno usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine. Budući da je ta studija rađena s dosta neizvjesnim ulaznim pretpostavkama, ona je sugerirala elastične planove i veliku fleksibilnost u opskrbi energijom. Osnovno rješenje elektroenergetske mreže grada Zagreba (L - 7.1) je izrađeno ranije. Zbog toga su naknadno u okviru L - 7.2 napravljene dodatne analize sa svrhom da o cijene razlike u elektroenergetskom konzumu i ukažu na reperkusije koje te razlike mogu imati na primarnu distributivnu mrežu 110 kV, o čemu će biti govora u narednim točkama.

4. OSVRT NA OSNOVNO RJEŠENJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

4.1. Općenito

Za razliku od osnovnih rješenja kompleksne energetike, za koja smo predhodno istakli da se rijetko rade, može se prema našoj dosadašnjoj praksi reći, da se osnovna rješenja elektroenergetskih mreža dosta često rade. S jedne strane to je dobro, jer se sužava područje stihijskog razvoja elektroenergetskih mreža i jer se stalno ponovno preispituju prethodno predložene smjernice razvoja. No, s druge strane to ukazuje na veliku odgovornost planera elektroenergetike, koji svoja rješenja često moraju davati bez svih potrebnih predhodnih podloga i jer uvijek moraju preispitivati realnost onih podloga koje im stoje na raspolaganju. Takva pozicija planerima nužno nameće specifične zahtjeve prema perspektivnim rješenjima, koji se prvenstveno svode na veliku elastičnost i etapnost, koja po mogućnosti odgađa veći dio investicija za što kasnije etape.

Osnovno rješenje elektroenergetske mreže obrađuje dosadašnji razvoj i postojeće stanje, te budući razvoj. I u jednom i u drugom razdoblju se u osnovi analiziraju konzumi i elektroenergetska mreža. Dosadašnji razvoj konzuma ukazuju na bitne karakteristike potrošnje i opterećenja, a dosadašnji razvoj i postojeće stanje mreže ukazuje na njene karakteristike, a naročito na slabe točke i eventualne rezerve u njoj. Budući pak razvoj daje prognozu potrošnje i opterećenja po strukturi konzuma i ukupno, te na osnovu razrađenih energetskih podloga planira elektroenergetsku mrežu za konačno stanje i po etapama.

U narednim točkama će prvenstveno biti govora o onim dijelovima elektroenergetskog rješenja na koje bitno utječe zastupljenost drugih oblika energije.

Prognoza konzuma svodi se na procjenu potrošnje i opterećenja. I jedna i druga veličina bitno ovise o zastupljenosti pojedinih oblika energije u budućoj potrošnji. Ako konzum podijelimo na:

- kućanstva,
- infrastrukturu (prateću široku potrošnju) i
- industriju,

onda se može reći da su, u pogledu osjetljivosti na razne oblike energije najizrazitija kućanstva.

4.2. Elektroenergetske potrebe kućanstava

4.2.1. Normativi

Buduće potrebe kućanstava se procjenjuju koristeći normative opterećenja i potrošnje električne energije. U L - 7.1 su na primjer za grad Zagreb dani normativi za pet tipova kućanstava (Tab. 1).

Tab. 1. Tipovi kućanstava po opsegu korištenja električne energije koji se koriste za planiranje u gradu Zagrebu

Tip kućanstava	Izvor energije po namjenama			
	Grijanje stana	Priprema tople vode	Kuhanje	Ostalo
1	Električna energija	Električna energija	Električna energija	Električna energija
2	Drugi oblik energije	Električna energija	Električna energija	Električna energija
3	Drugi oblik energije	Električna energija	Drugi oblik energije	Električna energija
4	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Električna energija	Električna energija
5	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Električna energija

Broj mogućih kombinacija se povećava ako se uzme u obzir da su za tipove 2 do 4 predviđena tri standarda A, B i C (Tab. 2.).

Kod toga treba primjetiti da tip 1 predstavlja za naše uvjete potpuno elektrificirana kućanstva s najvećim specifičnim veličinama potrošnje i opterećenja, dok tip 5 predstavlja kućanstva s najmanjim specifičnim veličinama.

Opterećenja i potrošnje električne energije kućanstava navedenih tipova računati su prema podacima u Tab. 3.

Tab. 2. Standardi opremljenosti aparatima pojedinih tipova kućanstava koji se primjenjuju za planiranje u gradu Zagrebu

Standard opremljenosti aparatima	Tip ¹ kućanstava	Zastupljenost aparata													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C	5	+	+	+	+	+	+	+	+						
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
B	5	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
A	5	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Napomena: Oznake aparata su:

- 1 Rasvjeta
- 2 Stroj za pranje rublja
- 3 Hladnjak
- 4 Televizor
- 5 Glačalo
- 6 Grijalica²
- 7 Sitni aparati
- 8 Električna pećnica
- 9 Električna ploča za kuhanje
- 10 Bojler u kupaoni
- 11 Bojler u kuhinji
- 12 Stroj za pranje posuđa
- 13 Stroj za sušenje rublja
- 14 Klima uređaj

¹ - Tip 1 odgovara potpuno elektrificiranom kućanstvu pa nije stupnjevan po standardima opremljenosti aparatima

² - Samo za dodatno zagrijavanje u prelaznim razdobljima

Tab. 3. Opterećenja i potrošnje električne energije
za pojedine tipove kućanstava

Tip kućanstava	Opterećenje grupe od n kućanstava kW	Potrošnja po kućanstvu kWh
2A	$3,775 n + 6,469 \sqrt{n}$	7416
2B	$2,417 n + 5,280 \sqrt{n}$	6533
2C	$1,997 n + 4,332 \sqrt{n}$	5672
3A	$3,446 n + 6,107 \sqrt{n}$	6595
3B	$1,850 n + 4,860 \sqrt{n}$	5712
3C	$1,430 n + 3,809 \sqrt{n}$	4851
4A	$3,597 n + 6,238 \sqrt{n}$	5407
4B	$2,239 n + 5,000 \sqrt{n}$	4524
4C	$1,819 n + 3,986 \sqrt{n}$	3663
5A	$3,268 n + 5,863 \sqrt{n}$	4586
5B	$1,672 n + 4,549 \sqrt{n}$	3703
5C	$1,252 n + 3,403 \sqrt{n}$	2842
1	$7 n$	14232-15976

Prethodni navodi upućuju na to da se u principu električna energija ne mora koristiti za grijanje stanova, pripremu tople vode i kuhanje, na što otpada veliki dio potrošnje energije koju troše kućanstva. Za ostale namjene se može reći da su isključivo orijentirane na električnu energiju.

4.2.2. Utjecaj raznih oblika energije na elektroenergetski konzum kućanstava

Studija koja je obradila usmjeravanje opskrbe ukupnom energijom grada i područja Zagreba (L - 7.2) je pretpostavila idealan model s osnovnim kriterijem minimalnih troškova. Takav pristup je pokazao da bi sva kućanstva u Zagrebu u budućnosti trebala svesti na tip 5 (Tab. 1., 2. i 3.), koji ima najmanje zahtjeve u pogledu električne energije. U L - 7.2 bila je predviđena izrada osnovnog rješenja elektroenergetske mreže 110 kV za tako dobivenu optimalnu varijantu. Međutim, već u toku izrade tih podloga uočeno je da bi takvo rješenje predstavljalo samo prilog teorijskoj modelnoj varijanti s nizom negativnih posljedica za budući razvoj elektroenergetske mreže. Zbog toga je u stručnim raspravama ukazano na moguća odstupanja i njihove vjerojatnosti, koje su upućivale na potrebne korekcije. Korekcije su bile nužne iz više razloga, a posebno stoga što nije bilo poznato da se do tada u nekom gradu realizirala predložena modelna varijanta, što je modelna varijanta davala podloge za minimalnu elektroenergetsku mrežu, što tip kućanstava s upotrebom električne energije u samo nezamjenjive svrhe nije bio previše zastupljen, što je bilo teško očekivati ostvarenje svih predviđenih mjera za realizaciju modelne varijante i konačno, što bi za sva odstupanja od modela nužna rezerva bila elektroenergetska mreža. Kasniji razvoj je potvrdio opravdanost tih stanovišta.

Odstupanja su naročito moguća kod kućanstava. Ilustrirat ćemo to na nekoliko primjera, koji su navedeni u L - 7.2.

Prvi slučaj je nova kolektivna izgradnja za koju su definirani provedbeni planovi i energetska usmjerenja na plin i električnu energiju. Takvom primjeru prema modelu odgovara normativ za tip 5. Međutim, praksa je pokazala, da i kod takvih kućanstava ipak jedan dio kuća na električnu energiju. Zato se u L - 7.1. u zonama s plinom računalo s 80 % kućanstava tipa 5 i s 20 % kućanstava tipa 4. Budući da u ovoj kombinaciji dominira osnovni tip kao i u modelnoj varijanti (tip 5), tu ne treba očekivati velike razlike u opterećenju.

Drugi slučaj je također nova kolektivna izgradnja, ali s energetska usmjerenjem na električnu energiju, te centralizirani sistem grijanja i pripreme tople vode. I ovom primjeru prema modelu odgovara tip 5, no u L - 7.1. je, koristeći se iskustvom pretpostavljeno da će manji broj tih kućanstava upotrebljavati plin u bocama, a veći broj električnu energiju za kuhanje, pa je računato s normativom za tip 4 (80 %) i tip 5 (20 %). S obzirom na to, u ovakvim slučajevima je moguće očekivati znatno veća opterećenja u odnosu na modelnu varijantu.

Treći primjer je stara kolektivna izgradnja s relativno dotrajalom električnom mrežom. Praksa je pokazala da su u ovakvim slučajevima zastupljeni različiti vidovi energije. U L - 1 je sugerirano da se, prilikom sanacije mreža koje napajaju takva kućanstva, računa s više normativima, jer se neće moći unificirati energetska rješenja iz raznih razloga (odnos cijena energenata, standard ukućana, instalacije u zgradama i slično).

Četvrti primjer su stari centri gradova. Te zone su atraktivne za razne infrastrukturne sadržaje, koji zahtijevaju najviše standarde. Instalacije u takvim dijelovima su često dotrajale i nedovoljno dimenzionirane, a energetska napajanje nije optimalno usmjereno. U takvim uvjetima potrošaču se najjednostavnije orijentirati na električnu energiju, kod čega je moguće očekivati najviše standarde potrošnje. U tim slučajevima moguće je pretpostaviti najveća odstupanja prema gore u odnosu na modelnu varijantu. Gustoća opterećenja starih centara većih inozemnih gradova dostiže iznose i do 100 MW/km². U L - 7.1. za Zagreb je predviđena najveća gustoća opterećenja oko 30 MW/km².

Peti primjer je individualna izgradnja, koja je s elektroenergetskog stanovišta problematična, zbog svoje disperziranosti i vrlo različitog energetska standarda. Ove potrošače je praktički nemoguće jednoznačno usmjeriti, a razlika u standardu kod njih je vrlo velika i uglavnom ovisi o ekonomskoj moći kućanstava.

4.2.3. Moguće korekcije elektroenergetskih potreba kućanstava kod usmjeravanja energetske potrošnje prema optimalnoj varijanti

Stručne rasprave u završnoj fazi izrade studije L -7.2., imajući u vidu prethodno navedene konstatacije, sugerirale su, da se primarna elektroenergetska mreža iz L - 7.1., osim na modelnu optimalnu varijantu energetskog napajanja, ispita još i na varijantu energetskog napajanja, koja će uzeti u obzir potrebne korekcije. To je i učinjeno na način da je, uz pretpostavku energetskog usmjeravanja na najpogodniju strukturu, istaknuta nužnost utvrđivanja građevinskih zona s realnom orijentacijom na plin, centralno grijanje i pripremu tople vode ili na individualni način opskrbe. Za tako podijeljene zone je dalje računato na slijedeći način:

a) U zonama gdje je realno predviđena opskrba prirodnim plinom pretpostavljeno je da će ovaj vid energije biti korišten za grijanje, pripremu tople vode i kuhanje. Električna energija bi se koristila za nezamjenjive potrebe, pa se za procjenu konzuma u kućanstvu koristio normativ za tip 5. Dakle, u ovom slučaju nije bilo korekcije.

b) U zonama koje bi imale opskrbu iz centraliziranog sistema za kuhanje je predviđen ukapljeni plin, a električna energija samo za nezamjenjive potrebe. U ovom slučaju je napravljena korekcija, koja je zasnovana na pretpostavci da će dio kućanstava u ovim zonama za kuhanje koristiti električnu energiju. Budući da je bilo nemoguće procijeniti učešće takvih kućanstava zbog sigurnosti u ovim zonama je računato s normativom za tip 4.

c) U zonama u kojima nisu realno predviđeni opskrba prirodnim plinom, te centralno grijanje i priprema tople vode, matematički model je dao optimalnu varijantu u kojoj bi ova kućanstva trebala koristiti etažni sistem opskrbe na mrki ugljen za grijanje i pripremu tople vode, ali samo u sezoni grijanja. Izvan sezone grijanja priprema tople vode je predviđena električnom energijom. Za kuhanje je računato s ukapljenim plinom. Shodno navedenim pretpostavkama, električna energija bi se koristila za nezamjenjive potrebe, te za pripremu tople vode u dijelu godine izvan sezone grijanja. Takvo usmjerenje bi odgovaralo normativu kućanstava tipa 3. Treba naglasiti da je kontinuirano dugoročno ostvarenje pretpostavki za zone iz ove kategorije vrlo upitno. No kad bi se one i ostvarile i tada bi se kod dijela kućanstava mogla očekivati upotreba električne energije za kuhanje. To opravdava učinjene korekcije. U njima je opet zbog sigurnosti pretpostavljeno da su sva kućanstva u ovoj kategoriji tipa 2.

4.3. Konzum infrastrukture i industrije

Konzum ostale potrošnje osim industrije, koji pretpostavlja potrebe infrastrukture je i u L - 7.1. i u L - 7.2. također procijenjen pomoću normativa. No treba naglasiti da su ovi normativi u našim prilikama daleko manje analizirani i u pogledu strukture i sadržaja infrastrukturnih objekata i u pogledu ovisnosti o raznim oblicima energije. U ovoj kategoriji konzuma radi se o vrlo velikom broju različitih vrsta objekata za koje je bilo moguće koristiti podatke iz literature, iz anketa za slične izgrađene objekte i iz različitih dostupnih projekata. Zbog toga se za globalno planiranje računalo s prosječno očekivanim veličinama (Tab. 4).

Tab. 4. Normativi specifičnog opterećenja za različite infrastrukturne objekte

Vrsta infrastrukturnog objekta	Specifično opterećenje
Robne kuće i trgovine	120 W/m ²
Fakulteti i instituti	40 W/m ²
Srednje škole	40 W/m ²
Osnovne škole	50 W/m ²
Dječje ustanove	60 W/m ²
Socijalne ustanove	40 W/m ²
Domovi zdravlja	40 W/m ²
Kulturne ustanove	40 W/m ²
Poslovni prostor	60 W/m ²
Zanatstvo	40 W/m ²
Ugostiteljstvo	110 W/m ²
Rasvjeta ulica	1,5 W/m ²
Bolnice	1,2 kW/ležaju
Hoteli (prosjeak)	1,2 kW/ležaju
Hoteli (viša kategorija)	1,5 kW/ležaju
Hoteli (niža kategorija)	0,8 kW/ležaju

Kod toga za potrebe grijanja nije predviđena upotreba električne energije, a isto tako nije predviđena ni znatnija zastupljenost klima uređaja. Primjenjeni prosječni normativi nisu varirani s obzirom na kompleksna energetska usmjeravanja. Treba naglasiti da ovakav pristup pomaže pri globalnoj procjeni konzuma, koja služi za izradu energetskih podloga za primarnu distributivnu mrežu, međutim nije pouzdan za planiranje srednjenaponskih i niskonaponskih mreža. Za te svrhe su nužni puno detaljniji podaci o sadržaju i standardu pojedinih infrastrukturnih objekata, koji pretpostavljaju i detaljnije proračune njihovih potreba za električnom energijom.

Konzum industrije i u L - 7.1. i u L - 7.2. procenjen je na osnovu ulaznih podataka dobivenih anketom uz dodatne analize i korekcije.

5. PROSTORNO RJEŠENJE ZA KRUPNU ELEKTROENERGETSKU INFRA-STRUKTURU

5.1. Osnovna polazišta

Zadatak ovog rješenja je da sve krupne objekte, koji su predmet osnovnog rješenja elektroenergetske mreže smjesti u urbani prostor grada. U tu svrhu je korisno izraditi dugoročni planski dokument, koji pored ostalog sadrži i prijedlog uvjeta uređenja prostora za pojne točke gradske mreže, te prijedlog uvjeta za trase kablskih i nadzemnih vodova za njihovo povezivanje.

Budući da se radi o specifičnim i vrlo stručnim poslovima, poželjno je da njih rade urbanisti uz usku suradnju elektroenergetskih stručnjaka. U toku rada koriste se mišljenja i usklađuju stavovi svih nadležnih i zainteresiranih općinskih, gradskih i državnih čimbenika. Na taj način se rješenja usklađuju sa svim korisnicima urbanog prostora. Tako se dobijaju kvalitetne podloge za buduće moguće izvedbe. Konačno prostorno rješenje kao dokument prolazi istu proceduru usvajanja kao Genneralni urbanistički plan grada i postaje njegov sastavni dio (L - 7.4.).

Pojava novih elektroenergetskih objekata iz osnovnog rješenja elektroenergetske mreže na području grada je obično predviđena etapnom izgradnjom. No kako se taj slijed izgradnje može i mijenjati ovisno o promjenama ostalih sadržaja, treba nastojati omogućiti što povoljnije uvjete izgradnje za svaku lokaciju u za svaku trasu, neovisno od drugih zahvata u prostoru.

5.2. Osvrt na uvjete uređenja prostora za izgradnju TS 110/20 kV

5.2.1. Općenito

Kod transformatorskih stanica 110/20 kV je najprije bitno da li se radi o zatvorenom tipu ili o otvorenom tipu transformatorske stanice.

U gradskom području se primjenjuje zatvoreni tip, koji je smanjene izvedbe (SF_6 postrojenje) i tretira se kao ugrađeni objekt. Ovakva izvedba ujedno je i ekološki prihvatljivija za gradsku sredinu, jer osigurava zaštitu okoliša od buke, vibracija i aerozagađenja. Veličina potrebnog prostora i gabariti ovakvih većih gradskih stanica su orijentaciono slijedeći:

veličina parcele min 30m x 30m
tlocrtni gabarit objekta cca 20m x 30m
visina cca 12,50 m
ukupna razvijena površina cca 1.500 m².

Za montažu transformatora u komore, koje su smještene u razizemlju, potrebno je direktno ili indirektno preko šina osigurati pristup transportnom vozilu. Pristupni put služi ujedno i kao požarni put. Dubina uljne jame ispod transformatorske komore je 3 metra. Ove stanice su automatizirane pa nemaju stalnu posadu.

Otvoreni tip se primjenjuje u perifernim zonama, gdje nije predviđena gradnja koja bi bila u koliziji s transformatorskom stanicom otvorenog tipa. Veličina potrebnog prostora i gabariti većih stanica ovog tipa su orijentaciono slijedeći:

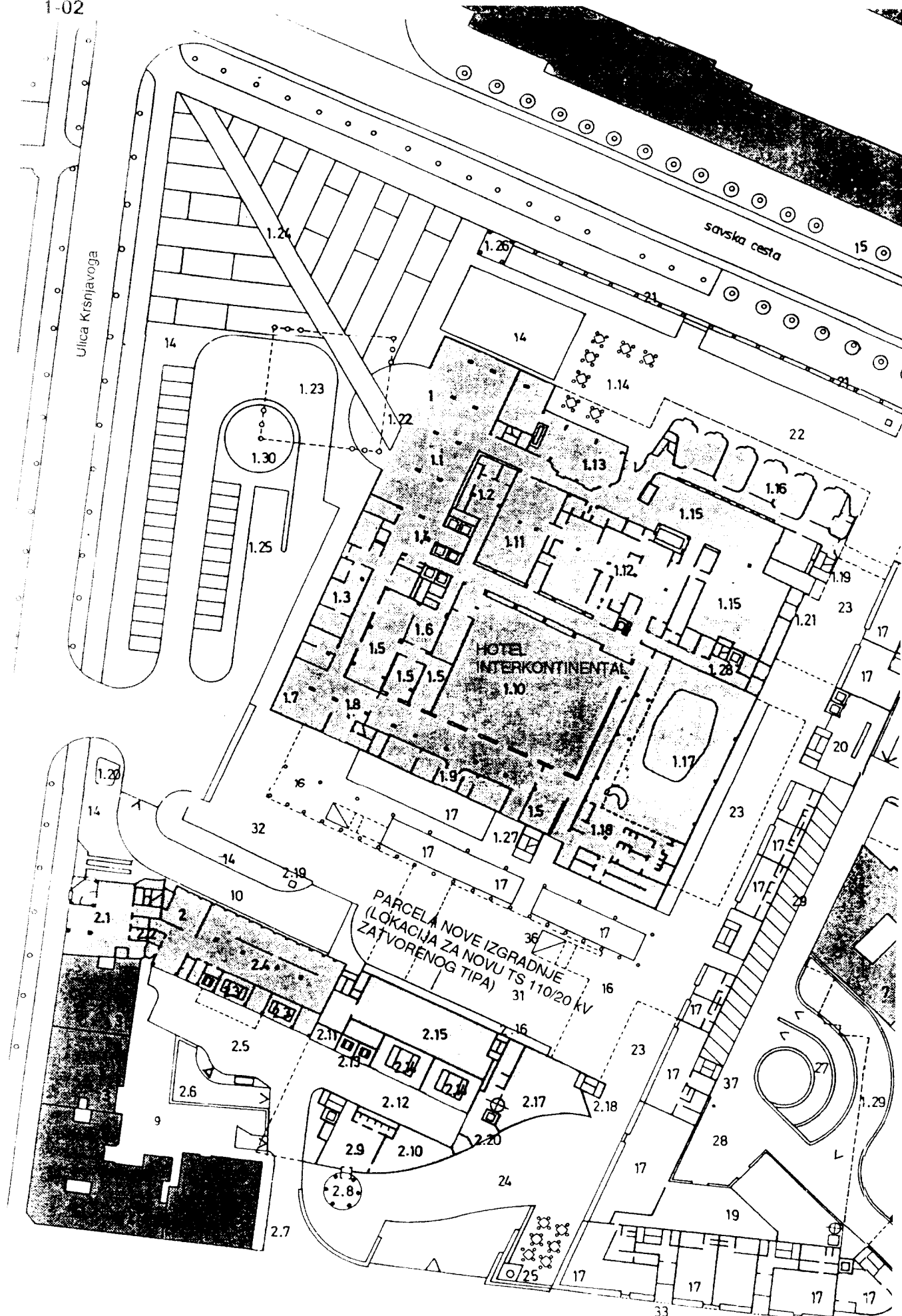
veličina parcele 70m x 86 m
tlocrt objekta cca 13 m x 48m
(komandna zgrada i postrojenje 20kV)
visina P + 1 cca 9,30m.

I za otvoreni tip stanice treba također osigurati pristupni put do objekta, transformatora i rasklopnog postrojenja, koji je ujedno i požarni put. Stanica je automatizirana i nema stalne posade. Budući da se radi o transformatorskoj stanici otvorenog tipa, parcelu treba posebno hortikulturno urediti, s tim da se rubno postavi visoko zelenilo koje neće biti u koliziji s rasklopnim postrojenjem. Ukoliko se ovakav objekt nalazi u zoni izgradnje servisa, industrijskih i drugih sličnih objekata, potrebno je u njemu pojačati zaštitu od buke i drugih nepovoljnih utjecaja izgradnjom zaštitnog zida, zelenila ili sličnih zaslona.

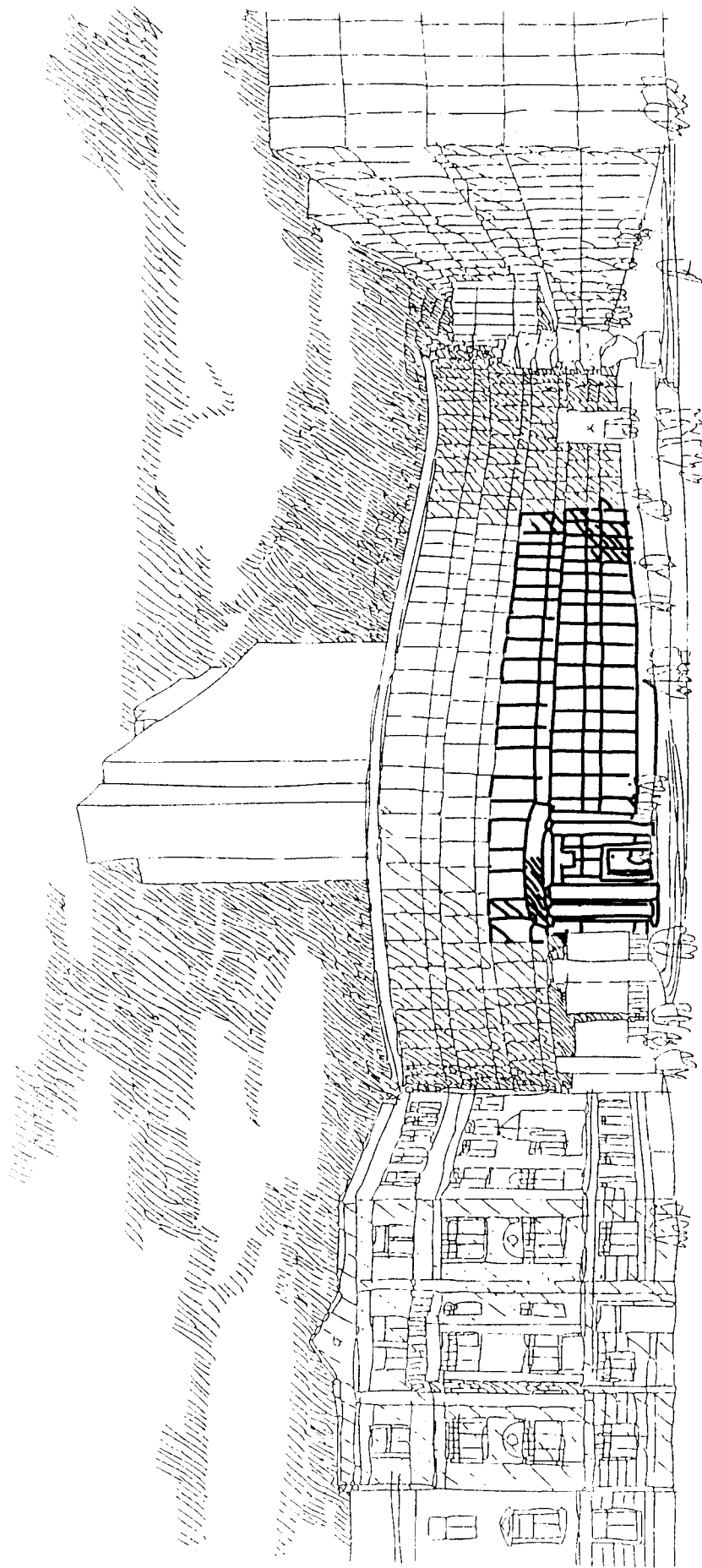
Za projektiranje postrojenja su potrebni podaci o nosivosti tla, pedološkom sastavu i seizmici, pa su sastavni dio uvjeta uređenja prostora i geološki prirodni uvjeti.

5.2.2. Primjer uvjeta uređenja prostora za zatvoreni tip gradske TS 110/20 kV

Mikrolokacija svake stanice određena je osnovnim rješenjem elektroenergetske mreže. Za primjer smo uzeli jednu koja je u strogom gradskom jezgru Zagreba. U neposrednoj blizini su hotel najviše kategorije, stambene i javne zgrade i jedna transformatorska stanica nižeg ranga (slike 1. i 2.).



Slika 1. Lokacija za novu TS 110/20 kV u centru Zagreba



Slika 2. Arhitektonsko - urbanistička studija bloka u centru Zagreba
u kome je predviđena nova TS 110 / 20 kV

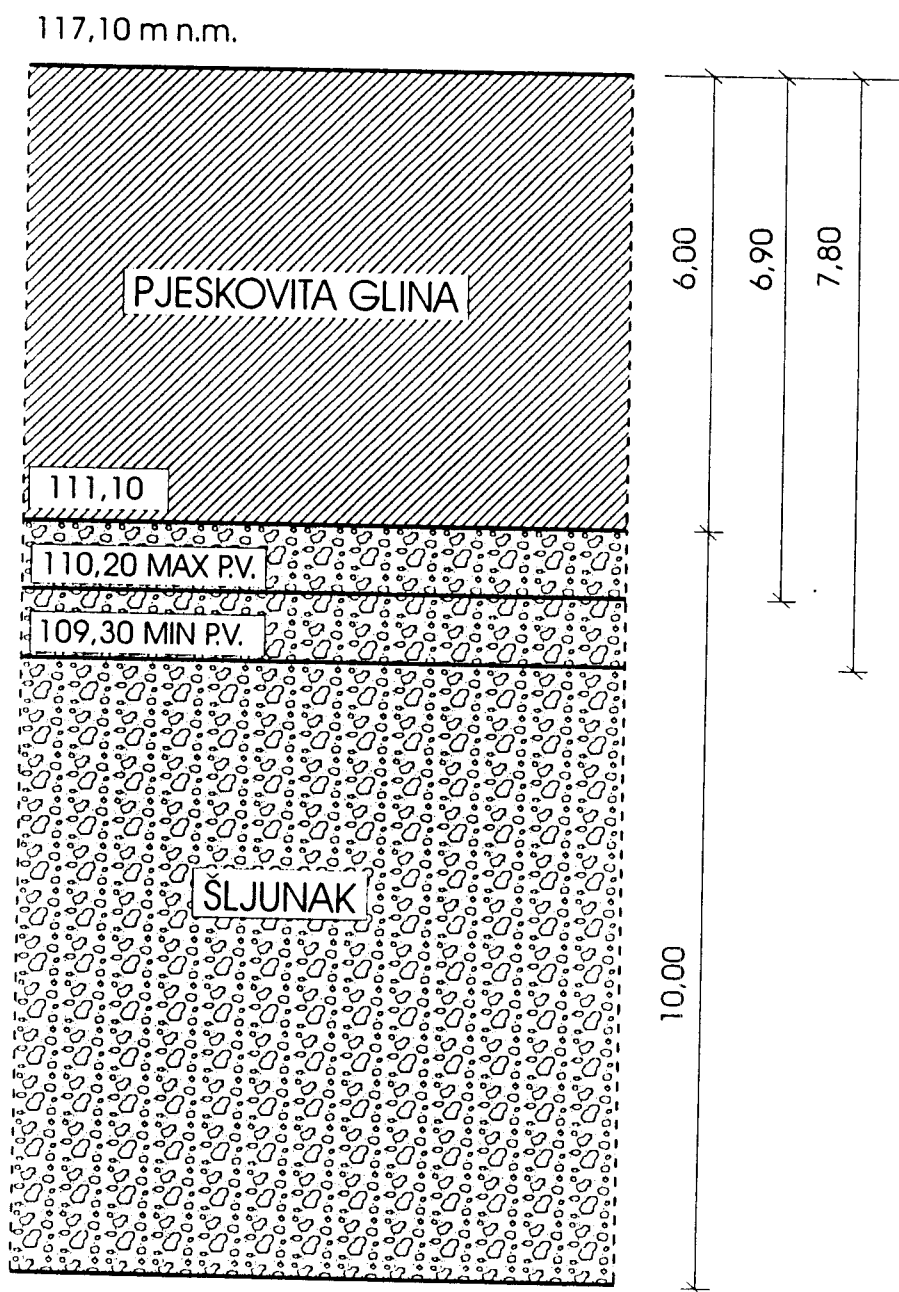
Rješenje najprije daje pregled osnovnih podataka iz postojeće urbanističke dokumentacije u koju ulaze:

- Detaljni urbanistički plan bloka u kojem se predviđa lokacija buduće stanice,
- Provedbeni urbanistički plan Centra grada kojem pripada i predmetni blok,
- Nova moguća rješenja, koja su se pojavila u toku rada na definiranju elemenata uvjeta uređenja prostora, a koja mogu utjecati na urbanističko arhitektonsko oblikovanje prostora.

U konkretnom slučaju obrada cjelokupne dokumentacije ukazala je na mogućnost proširenja poslovnog prostora na promatranoj lokaciji u okviru kojeg je planirana izgradnja zatvorene transformatorske stanice. Predviđena parcela za transformatorsku stanicu ima dimenzije 30m x 20m. Na dijelu parcele predviđene za izgradnju nove transformatorske stanice i poslovnog objekta postoji stambeni objekt P + 1 loše građevinske kvalitete, kojeg treba srušiti.

U obradi postojećeg stanja analiziran je svaki detalj na predviđenim parcelama i u neposrednom okolišu, bilo da se radi o objektima različitog tipa, ogradama, dvorištima, vrstama i stanju visokog i niskog zelenila, otpadnom materijalu, pristupnim putevima, komunalnoj infrastrukturi i ostalom. Konstatirano je da postojeće saobraćajnice i površine omogućavaju pristup objektu, te da u okolnim ulicama postoje instalacije za kanalizaciju, vodovod, plin i telefon. Posebno su analizirani geološki prirodni uvjeti s osvrtom na sastav slojeva u različitim dubinama i vodostaje u njima (slika 3.). Geološka skica pokazuje da je teren od šljunka debljine 10 metara pokriven pjeskovitom glinom. Podzemni vodostaji u njemu su maksimalno 110,20 m n. m. i minimalno 109,30 m n. m. Uz kotu terena 117,10 m n. m., podzemna voda je 6,90 odnosno 7,80 m od površine terena. Na osnovu toga se zaključuje o potrebnim građevinskim zahvatima, a posebno o mogućnosti ukopa objekta, koji je obično uvijek od interesa. Navode se i najosnovniji seizmički podaci, prema kojima se na ovoj lokaciji očekuju potresi do 8° MCS skale.

U okviru urbanističko-tehničkih uvjeta izgradnje daju se jasne instrukcije o tome kako će biti potrebno izgraditi objekt, navode se građevinske linije, duljine i ostale karakteristike pročelja. Također se definiraju nužni tehnički elementi ograničenja izgradnje, koji ustvari kompromisno usaglašavaju potrebe s prostornim mogućnostima odabrane lokacije. Dalje se navodi funkcionalna organizacija postrojenja, koja je u konkretnom slučaju dana u tri etaže: podrumski dio, prizemlje i kat. Ovako organizirano postrojenje dalo je potrebnu visinu za objekt oko 12,5 metara od nulte kote prizemlja. Budući da je urbanističkim uvjetima u tom bloku predviđena izgradnja katnosti P + 4, ostali dio namjenjen je poslovnom prostoru. U prizemlju je samo dio prostora iskorišten za transformatorske komore, dok su u preostalom slobodnom prostoru, koji je okrenut prema javnim površinama, planirani lokali javne namjene. Kod toga je predviđeno da se objekt arhitektonski i konstruktivno tako organizira, da dio s javnim sadržajima bude potpuno odvojen od energetskog dijela i pripadajućeg poslovnog prostora. Transformatorske komore su smještene u dijelu objekta do koga je moguće osigurati kolni pristup za dovoz transformatora prilikom izgradnje ili za njihovu eventualnu zamjenu u slučaju kvara. U skladu s tim predviđena je odgovarajuća podloga, koja će se uklopiti u okolinu, a moći će izdržati potrebna opterećenja. Za dopremu transformatora u komore predviđena je ugradnja šina, kod čega će taj dio površine biti obrađen tako da se uklapa u okolinu, a šine budu nevidljive kada nisu u upotrebi. Na odgovarajući način je obrađena i regulacija kretanja u promatranoj zoni i za kolni i za pješački pristup. Također su ispitane i obrađene mogućnosti za priključke komunalne infrastrukture. Posebno su istaknuti zahtjevi u pogledu zaštite i oblikovanja okoliša. Budući da se radi o bloku u samom gradskom centru, nužno je tehničkim mjerama okolne sadržaje vezane za transformatorsku stanicu zaštititi od buke, mirisa i vibracija, uvažavajući kriterije o dopuštenim veličinama. Postojeće zelenilo treba u najvećoj mjeri sačuvati, naročito ako se radi o visokom kvalitetnom zelenilu. Imajući u vidu da je objekt predviđen u staroj gradskoj jezgri, nužno ga je oblikovati i prostorno urediti uvažavajući ambijent u kojem se nalazi. To se naročito odnosi na pročelja i vrata, te na kroviste.



**Slika 3. Geološka skica terena za lokaciju nove
TS 110 / 20 kV u centru Zagreba**

Ovaj primjer je izabran zato, jer pokazuje da se i u najužim jezgrama gradskih sredina, uz dobru volju i odgovarajuće kompromise, mogu naći lokacije za pojne točke gradske elektroenergetske mreže. On također pokazuje, da se takvi objekti mogu potpuno uklopiti u urbanističke zahtjeve ne narušavajući postavljene koncepcije organizacije izgradnje gradskih sredina.

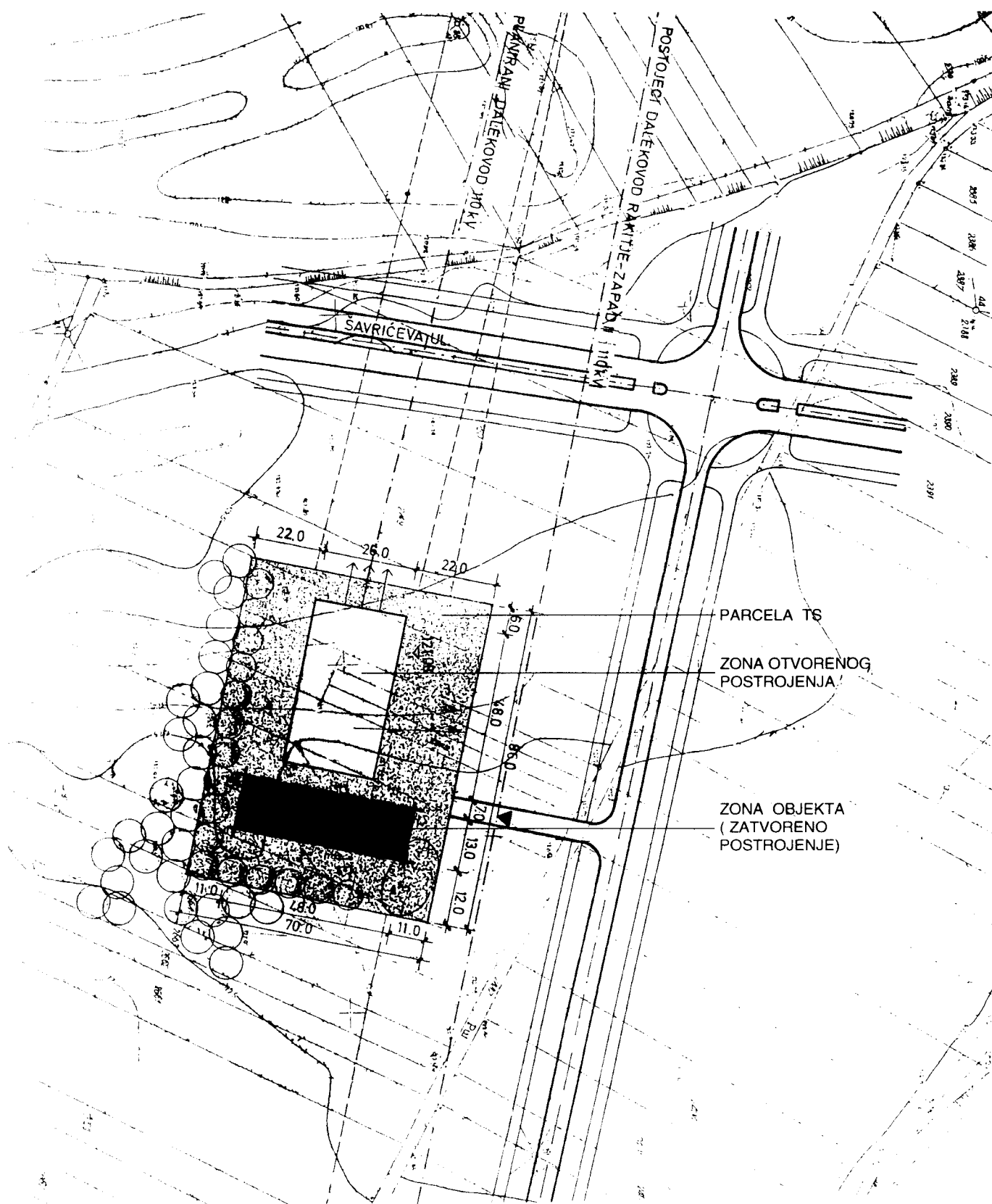
5.2.3. Primjer uvjeta uređenja prostora za TS 110/20 kV u gradskoj industrijskoj zoni

Drugi primjer je karakterističan za transformatorske stanice otvorenog tipa. Polazni predložak za mikrolokaciju je podloga iz osnovnog rješenja elektroenergetske mreže u kojoj se vodilo računa o težištu konzuma. Urbanisti su daljnja usaglašavanja proveli uz učešće elektroenergetskih stručnjaka i predstavnika za izgradnju grada. Konačno je lokacija utvrđena u perifernoj industrijskoj gradskoj zoni (slika 4.). Objekt je bilo moguće smjestiti dosta povoljno s obzirom i na postojeće i na planirane saobraćajnice, te s obzirom na koridor dalekovoda 110 kV koji je u neposrednoj blizini. Zemljište je neizgrađeno i prema tome nema kolizije s postojećim objektima. Također na parceli nema postojećeg visokog zelenila. Teren je opremljen komunalnom infrastrukturom. Geološka skica terena je dana na slici 5. Sastav terena je šljunak debljine oko 10 metara pokriven pjeskovito-glinovitim slojem, što je karakteristično za terene u blizini većih rijeka. Podzemni vodostaj je maksimalno 119,20 m n.m., odnosno minimalno 117,50 m n.m. Ako se računa s kotom terena od 122,00 m n. m. , onda je podzemna voda 2,80 odnosno 4,50 m n. m. od površine terena. Prema seizmičkim podacima područje predviđeno za izgradnju planirane transformatorske stanice svrstano je u zonu u kojoj se mogu očekivati potresi do 8° MCS skale.

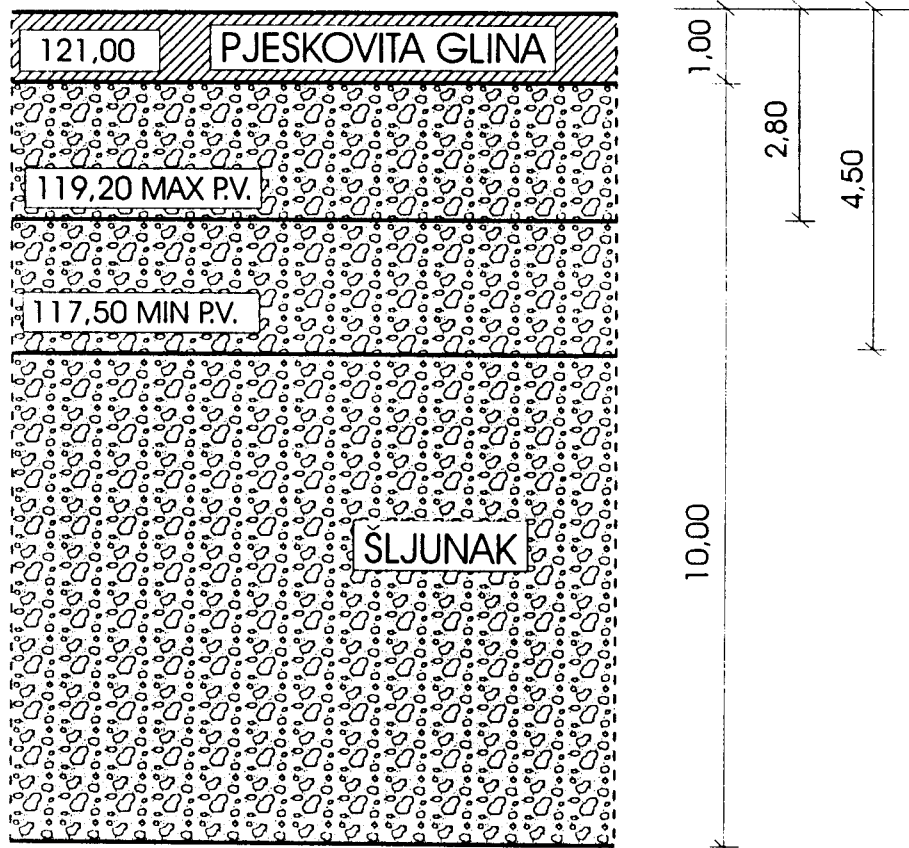
U urbanističko-tehničkim uvjetima se daju instrukcije o načinu izgradnje ovog tipa stanice i o ostalim tehničko-tehnološkim podacima. Rezervirana parcela za izgradnju objekta ima površinu 6.441 m². Objekt će biti otvorenog tipa, automatiziran, dakle bez stalne posade. Otvoreni tip transformatorske stanice sadrži komandnu zgradu visine P + 1, te otvorena i zatvorena postrojenja. Građevinska linija zgrade udaljena je oko 45 metara od postojeće saobraćajnice i oko 60 metara od regulacione linije planirane saobraćajnice. Udaljenost postojećeg dalekovoda od građevinske linije zgrade postrojenja je oko 25 metara. Veličina parcele je 70 m x 86 m, a na njoj je planiran slijedeći opseg izgradnje:

- zatvoreni objekti 13 m x 48 m 624 m².
- otvorena postrojenja cca 1.500 m².

Predviđena komunalna infrastruktura bit će položena u koridoru nove saobraćajnice u neposrednoj blizini i na nju će biti izvedeni svi potrebni priključci. Ako se transformatorska stanica izgradi prije, trebat će izvesti vlastiti sistem vodoopskrbe i odvodnje, uključujući i potrebe protupožarne zaštite. Budući da je lokacija predviđena na neobrađenom zemljištu , nužno ju je u cjelini hortikulturno urediti, s tim da se rubno predvidi visoko zelenilo. Uz pristupnu pješačku stazu treba predvidjeti nisko grmoliko zelenilo. Posebno treba voditi računa o svađanju buke u dozvoljene granice, ovisno o okolnim sadržajima.



122,00 m n.m.



**Slika 5. Geološka skica terena za lokaciju nove
TS 110 / 20 kV u zagrebačkoj industrijskoj zoni**

5.3. Osvrt na trase kabelskih vodova visokog napona

5.3.1. Općenito

Već ranije se ukazala potreba da se na pojedinim potezima gradskih elektroenergetskih mreža polažu kabeli 110 kV. Takve potrebe će u budućnosti biti sve veće, zbog toga što će krupne pojne točke trebati sve više približavati centrima konzuma. Zato je osiguranje prostora za buduće trase tih vodova vrlo značajno.

Prostor za kabele se osigurava u javnoprometnim površinama. Najčešće su to standardne gradske saobraćajnice na kojima razlikujemo: pješačke hodnike za kretanje ljudi, kolnike za kretanje vozila, zelene površine za ukrasno bilje, pješačke otoke kao tramvajska i autobusna čekališta, ugibališta za zaustavljanje vozila, tramvajske pruge i biciklističke staze.

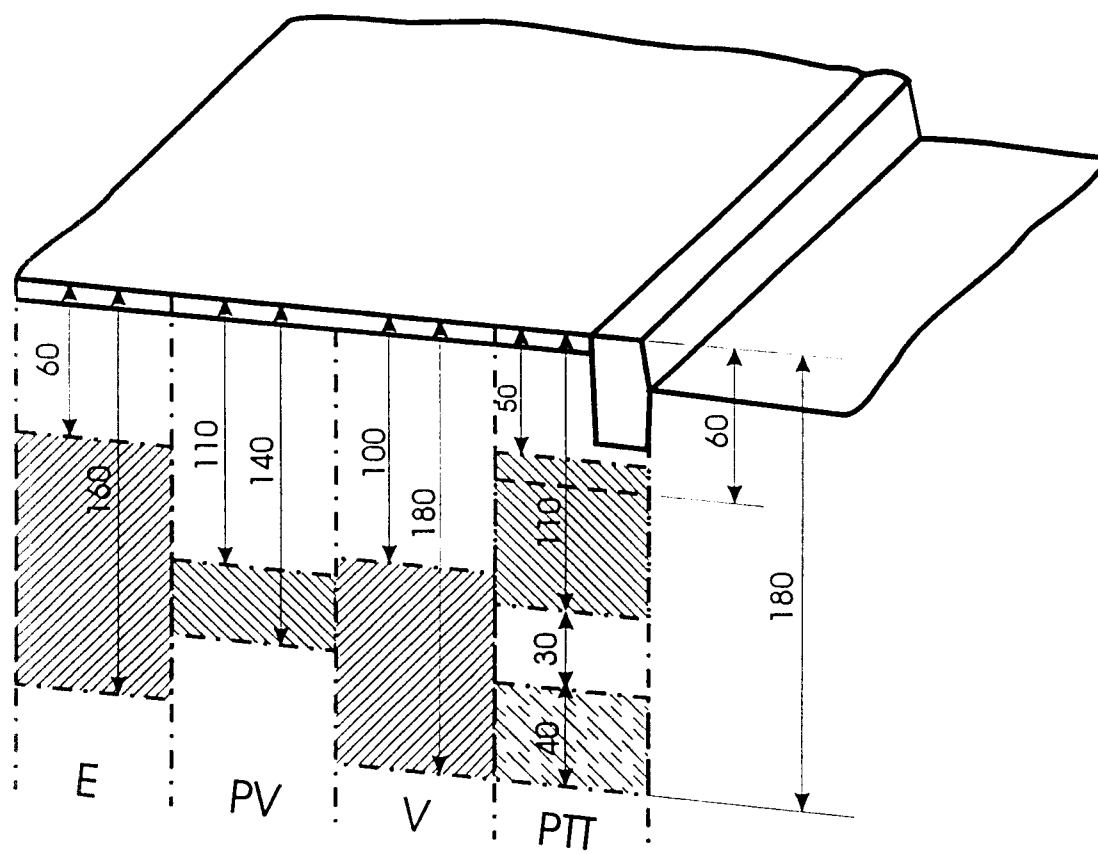
Svaka saobraćajnica je karakterizirana poprečnim profilom s odgovarajućim dimenzijama. U taj profil se raspoređuju sve potrebne podzemne instalacije, kod čega se uvažavaju određena načela i preporuke o rasporedu i minimalno dozvoljenim međusobnim razmacima. Obično u taj profil treba smjestiti: vodovod, kanalizaciju, elektroenergetske kabele, PTT kabele, plinovode i toplovode. Pored tih komunalnih instalacija u neke saobraćajnice se polažu: tramvajska pruga, signalni kabeli, televizijski kabeli i eventualno još neke instalacije.

Kod polaganja podzemnih instalacija korisno je uvažavati neke opće preporuke na koje upućuje dosadašnja praksa kao što su:

- Za smještaj instalacija treba prvenstveno koristiti pješačke hodnike i zelene površine, naročito ako su u pitanju instalacije za opskrbu. U tu svrhu prostor izvan kolnika treba podijeliti u zone. U pravilu se pješački hodnik dijeli počev od linije kolnika na zone za elektroenergetske instalacije, plinske instalacije, vodovodne instalacije i poštanske instalacije (slika 6.).
- Po mogućnosti što više izbjegavati korištenje kolnika, zbog problema kod polaganja i održavanja. U kolnik se smješta kanalizacija i plinovod visokog pritiska, te eventualno toplovod i drugi magistralni vodovi, ako za njihov smještaj nema dovoljno prostora izvan kolnika.
- Poželjno je instalacije polagati dalje od građevinske linije i dublje.
- Kod rasporeda podzemnih instalacija treba voditi računa o potrebnom prostoru za rad i o njihovom međusobnom utjecaju. U kritičnim slučajevima se rade provjere elektroenergetskih i toplinskih međuutjecaja i ako je potrebno poduzimaju se posebne mjere za dodatnu zaštitu.

Na slici 7. dano je nekoliko varijanti poželjnog rasporeda podzemnih instalacija u gradskim prometnim površinama uz napomenu da konkretne prilike mogu uvjetovati i drugačiji raspored.

Osnovne smjernice za polaganje kabela dane su u granskoj normi (L 7.5) u kojoj nisu obuhvaćeni kabeli 110 kV i u L 7.6., gdje je ova problematika studijski obrađena znatno ranije pa bi je bilo korisno novelirati. Treba naglasiti da je smjernice i preporuke moguće slijediti u većoj mjeri ako se radi o planiranim prometnicama, a u znatno manjoj mjeri ako su to postojeće prometnice. Ocjena mogućnosti polaganja kabela u postojeće prometnice ovisi prvenstveno o zahtjevima za koordinacijom s već izvedenim komunalnim i ostalim instalacijama. Zbog toga je od posebne važnosti utvrđivanje točnih trasa ostalih instalacija. U tome je bitna suradnja odgovarajućih gradskih službi i komunalnih poduzeća. Za potpunu koordinaciju tražene trase, posebno na kritičnim mjestima, potrebno je i za postojeće i za buduće koridore proučiti odgovarajuće provedbene planove, urbanistička prometna rješenja, uvjete uređenja prostora i studije o navedenoj problematici.



LEGENDA:

E - struja

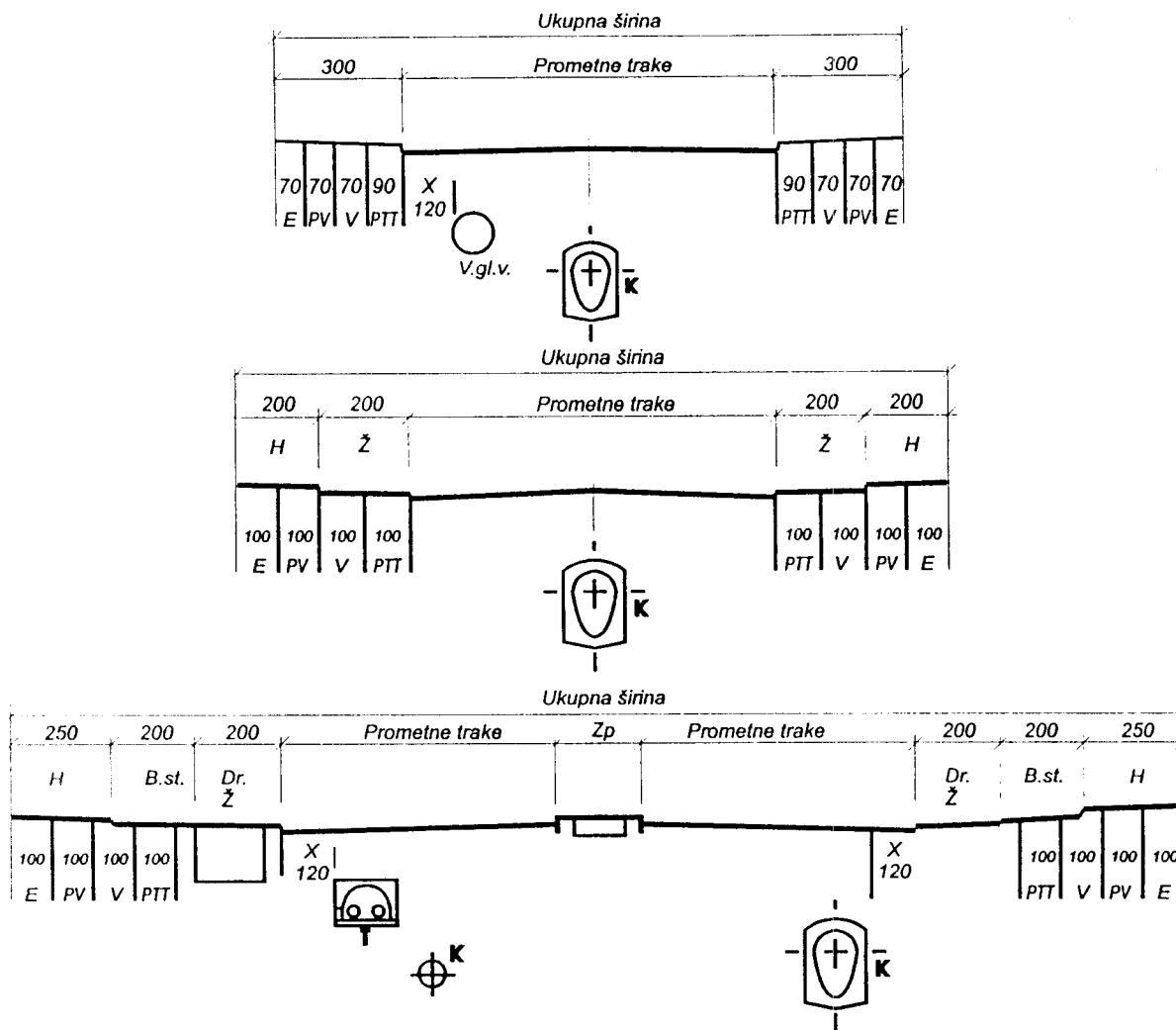
PV - plin

V - voda

PTT - pošta

DIMENZIJE U cm

Slika 6. Načelna raspodjela hodnika u zone



LEGENDA:

- PTT - instalacija pošte
 E - električni vodovi
 PV - plinovod
 V - vodovod
 V.gl.v. - vodovod - gl. vod.
 K - kanalizacija
 T - toplovod
 H - hodnik
 B.st. - biciklistička staza
 Dr. - drvored
 Ž - živica
 Žp - zeleni pojas
 X - najmanji razmak od rubnog kamena do pojedinih instalacija u kolniku

NAPOMENA:

- najmanje dubine za: PTT - 0,5 m
 E - 0,6 m
 PV - 1,1 m
 V - 1,0 m

DIMENZIJE U cm

Slika 7. Načelni smještaj vodova i postrojenja u javnim površinama (poželjni raspored)

Za zaštitu okoliša bitan je tip kabela. U tom pogledu odgovarajuću prednost imaju kabeli suhe izvedbe koji ne mogu zagađivati okolinu. Poželjno je kabelsku trasu voditi tako da ne dolazi u koliziju s koridorom zelenila postojećih i budućih prometnica.

5.3.2. Primjer vođenja kabela 110 kV kroz gradsko područje

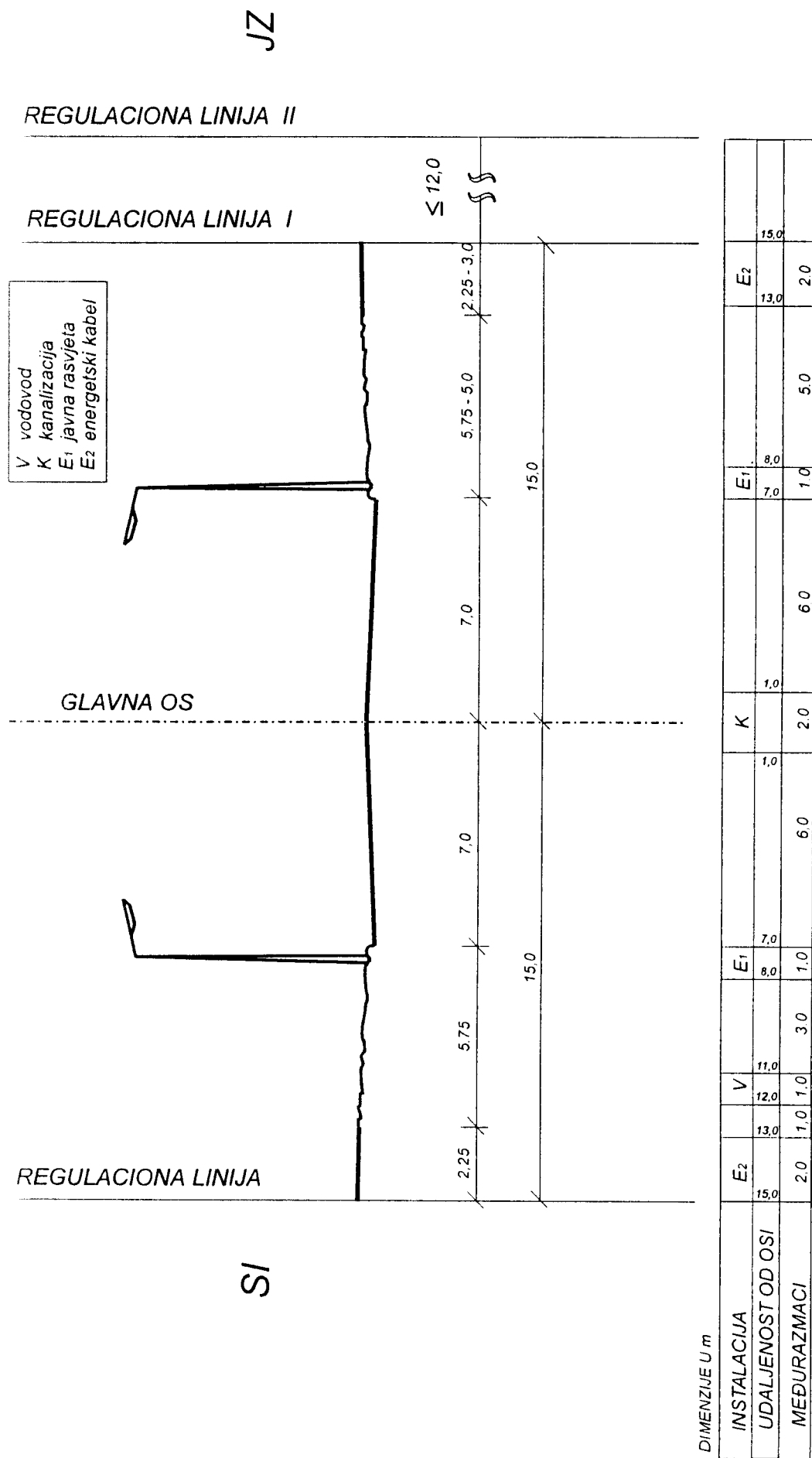
Nakon osvrta na opće smjernice za polaganje kabela, navest ćemo neka iskustva stečena u radu na osiguravanju trasa za polaganje kabela 110 kV u Zagrebu. Uočeno je da kod povezivanja transformatorskih stanica kabelima 110 kV nije najbitnija njihova udaljenost nego karakteristike područja kroz koje kabel treba proći. U centralnim gradskim zonama je bilo znatnih ograničenja, pa je zato u takvim dijelovima korištena svaka imalo racionalna mogućnost prolaza. Kod mogućih alternativnih obilazaka isključivano je vođenje trase obroncima i kotlinama, jer to nije povoljno za sam kabel i jer je za polaganje kabela 110 kV neophodno osigurati pristup teške mehanizacije. U gradskoj sredini kabelske trase se protežu uglavnom koridorom postojećih ulica u kojima su položene ostale komunalne instalacije. Zbog nužne koordinacije svih instalacija, pojas za polaganje kabela često je jedino moduč ispod kolnika u profilu koridora. To rješenje je ostvarivo bez obzira na opće smjernice, jer ono ne izaziva smetnje u odvijanju prometa, budući da duž trase visokonaponskih energetskih kabela nije potrebno izvoditi reviziona okna ili slične objekte. Kod takvog odabira trase nužno je predvidjeti mjere za izbjegavanje ili smanjivanje eventualno očekivanih poteškoća kod polaganja kabela. Budući da se u gradovima gotovo uvijek radi o oskudici prostora, pokazalo se korisnim da se na što većem dijelu koristi mogućnost vođenja dva kabela 110 kV jedinstvenom trasom. U Zagrebu je za kabelski vod 110 kV planiran rov širine oko 1 metar, ako se radilo o jednostrukom kabelu, odnosno oko 2 metra, ako se radilo o dvostrukom kabelu, dok je predviđena dubina rova iznosila 1,40 metara.

Potencijalna trasa je dijeljena na niz alternativnih poteza, koji su predstavljali pojedine dionice, koje imaju zajedničke karakteristike između početne i krajnje točke. Za svaku od tih dionica izrađen je poprečni profil s načelnim rasporedom glavnih vodova komunalnih instalacija, s naznakom udaljenosti od glavne osi koridora i međurazmacima. Uz to dan je i detaljan opis, koji upućuje na sve pojedinosti o vođenju kabela, o potrebnoj koordinaciji s drugim instalacijama, o karakterističnim prelazima, o potrebnim dodatnim mjerama, te o ostalim pojedinostima vezanim uz trasu i polaganje kabela. U nekim slučajevima u kojima sve infrastrukturne pojedinosti nisu bile poznate, dane su alternativne mogućnosti, s tim da se definitivni izbor trase izvrši u fazi projektiranja. Taj izbor ovisit će o poziciji nedefiniranih dijelova infrastrukturnog koridora, te o mogućnosti predviđenih rekonstrukcija nekih instalacija na pojedinim dijelovima koridora. Na taj način se dobija vrlo detaljna podloga smještaja visokonaponskih kabela u prostor, koja je od višestruke koristi za kasniji razvoj gradske mreže. Dva primjera koordinacije infrastrukturnih instalacija za različite tipove prometnica u Zagrebu dana su na slikama 8. i 9.

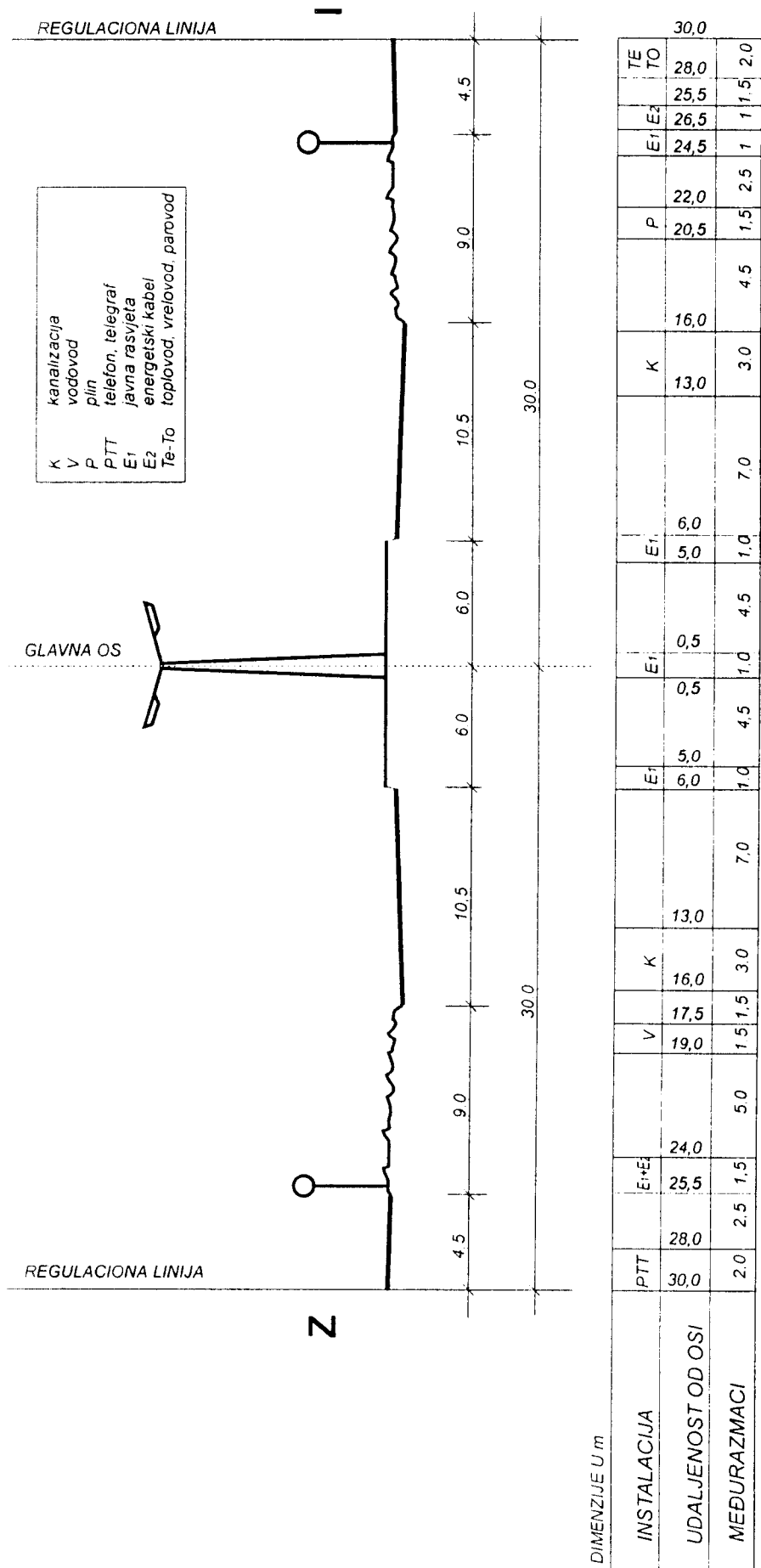
5.4. Osvrt na trase nadzemnih vodova visokog napona

Nadzemni vodovi 110 kV povezuju transformatorske stanice 110/X kV otvorenog tipa na perifernom gradskom području. Lokacije ovih stanica su obično u blizini trasa postojećih vodova ili su na takvim mjestima do kojih je moguće izgraditi novi nadzemni vod. Kod toga posebnu pažnju treba posvetiti širini koridora i prijelazima na kritičnim mjestima.

U Zagrebu je za jednostruke nadzemne vodove u perifernom području obično rezervirana širina koridora od 50 metara, a iznimno 30 metara. U budućnosti se mogu očekivati sužavanja koridora, s obzirom na razvoj tehnologije izgradnje dalekovoda. Na to ukazuju stalne tendencije izvođenja vodova viših napona po trasama vodova nižih napona.



Slika 8. Načelni raspored glavnih vodova komunalnih instalacija u Ulici devet u Zagrebu



Slika 9. Načelni raspored glavnih vodova komunalnih instalacija u ulici Črnomerec u Zagrebu
(potez od produžene Krapinske ulice do Baštijanove ulice)

6. ZAKLJUČNE KONSTATACIJE

6.1. Planiranje budućeg razvoja elektroenergetskih mreža većih gradova je vrlo složen posao. Često se ono zasniva na obradama bez cjelovitih i pouzdanih polaznih i završnih podloga. Najčešće je to nužnost, jer je električnu energiju potrebno dovesti do gotovo svakog potrošača već u vrijeme njegove pojave, bez obzira na stanje drugih pretpostavki, koje bi trebalo poznavati i ispuniti za optimalno planiranje distributivne elektroenergetske mreže. Zato se osnovna elektroenergetska rješenja često rade.

6.2. Studije usmjeravanja energetske opskrbe koje su od posebnog značaja za veće gradove, do sada su rijetko rađene i nisu davale pouzdane podloge za elektroenergetska rješenja. Bilo bi korisno da se iz stručnih krugova koji se bave elektroprivrednom djelatnošću sugeriraju češće izrade tih studija, sa sadržajem koji će omogućavati dobivanje puno konkretnijih i pouzdanijih podloga za osnovna elektroenergetska rješenja. Kod toga treba posebno ukazati na to, da nije dovoljno predložiti samo modelnu optimalnu varijantu, nego da treba uzeti u obzir konkretne uvjete i ograničenja i dati realna odstupanja iz kojih bi slijedile podloge za provedbu. Naročito bi bilo korisno posebno obraditi utjecaje na elektroenergetsku infrastrukturu, koja u osnovi snosi sve posljedice odstupanja od optimalnog energetskog usmjeravanja zbog neispunjavanja predviđenih mjera energetske politike i nepredviđenih okolnosti. Kroz takav pristup je onda moguće predložiti adekvatne energetske normative i valorizirati tehničko-ekonomske varijante distributivne mreže.

6.3. Za daljnje unapređenje izrade podloga za osnovna rješenja elektroenergetskih mreža bilo bi korisno nastaviti doradu i kompletiranje elektroenergetskih normativa u kućanstvu, infrastrukturi i industriji. Do sada je velika pažnja posvećena analizi elektroenergetskih normativa za kućanstva, no taj posao još nije zaokružen. Bilo bi korisno kad bi se doradili i objedinili do sada primjenjivani normativi sa svrhom da se dobiju podloge za razne tipove kućanstava u gradskim i ruralnim područjima, te za pojedine klimatske zone. Analizi normativa za infrastrukturu i industriju posvećeno je znatno manje pažnje, što upućuje na potrebu njihove intenzivnije obrade.

6.4. Prostorna rješenja za cjelovite perspektivne mreže gradova do sada obično nisu rađena. No primjer koji je obrađen (L 7.4.) i analiza potrebe takvih rješenja ukazuju na veliku korist ako ona postoje. Prostorna rješenja na dulji rok omogućavaju:

- povoljniji i lakši smještaj krupne elektroenergetske infrastrukture u urbani prostor grada,
- dosljedan razvoj koncepcije primarne distributivne mreže grada,
- skladniji i efikasniji etapni razvoj gradske elektroenergetske mreže,
- bržu i ekonomičniju realizaciju investicija,
- uštedu sredstava koja je potrebno izdvajati za prostorna rješenja,
- logičnije eventualne izmjene i dopune u prostornim planovima.

Može se reći da osnovno elektroenergetsko rješenje grada dobiva svoj puni smisao tek kad je izrađeno i osnovno prostorno rješenje.

7. LITERATURA

7.1. Mr Rihard Schenner:

"Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže grada Zagreba", Institut za elektroprivredu; Zagreb, 1980.

7.2. Grupa autora sa suradnicima pod vodstvom Dr. Duška Čorka:

"Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine", Institut za elektroprivredu; Zagreb, 1982.

7.3. Ivo Jamnicki:

"Tendencije u razvoju opskrbe gradova energijom", Energija br. 20, Zagreb, 1971.

7.4. Branka Obsieger i Eduard Babić sa suradnicima:

"Elektroenergetska mreža 110 kV grada Zagreba - Osnovno prostorno rješenje s prijedlogom uvjeta uređenja prostora"; Urbanistički zavod grada Zagreba, Zagreb, 1983.

7.5. "Tehnički uvjeti za izbor i polaganje elektroenergetskih kabela nazivnog napona 1 kV do 35 kV", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1993.

7.6. Mr. Mirjana Marinac i suradnici:

"Izgradnja podzemnih električnih instalacija u gradovima sa stanovišta optimalnog međusobnog odnosa i odnosa s drugim podzemnim instalacijama"; Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.

7.7. Milan Šosterič, Julije Deluka, Ante Vulin:

"Arhitektonsko urbanistička studija bloka Jukićeva-Pierottijeva-Kršnjavoga-Savska", Mistrija-d.o.o., Zagreb, 1988.