

Marko Škrobo, dipl.inž.
marko.skrobo1@gmail.com

Neven Lang-Kosić, dipl.inž.
neven.lang.kosic@gmail.com

dr.sci. Srđan Žutobradić
szutobradic@gmail.com

PLANIRANJE DISTRIBUCIJSKE MREŽE NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA – ISKUSTVA I PRIPREME ZA PLANIRANJE U BUDUĆNOSTI

SAŽETAK

U referatu je dan pregled normativa opterećenja krajnjih kupaca (kućanstava) na području grada Zagreba, sa povijesnim osvrtom. Dan je osvrt i na rezultate mjerenja opterećenja karakterističnih TS 10(20)/0,4 kV. Ukazano je na velike promjene koje se očekuju zbog provedbe "zelene tranzicije" EU. Zbog toga će žurno trebati pristupiti reviziji postojećih normativa.

Također je ukazano na probleme vezane za međusobnu ovisnost prostornog i (elektro(energetskog) planiranja.

Ključne riječi: normativi opterećenja, grad Zagreb, planiranje distribucijske mreže, zelena tranzicija

PLANNING OF THE DISTRIBUTION NETWORK IN THE CITY OF ZAGREB AREA – EXPERIENCES AND PREPARATIONS FOR FUTURE PLANNING

SUMMARY

The paper provides an overview of the load standards for end customers (households) in the city of Zagreb, with a historical overview. It also provides an overview of the load measurement results of typical 10(20)/0.4 kV substations. It points out the major challenges expected due to the implementation of the EU's "green transition". Therefore, it will be necessary to urgently revise the existing standards.

It also pointed out problems related to the interdependence of physical and (electrical) energy planning.

Key words: load standards, city of Zagreb, distribution network planning, green transition

1. UVOD

Distribucijsko područje Elektra Zagreb po prodaji električne energije predstavlja oko 25% ukupnog konzuma Republike Hrvatske (na distribucijskoj razini). Najveći dio prodaje otpada na Grad Zagreb.

Osim električne energije na području Grada Zagreba prisutna je i velika potrošnja prirodnog plina (više od električne energije) te značajna potrošnja toplinske energije iz centralnog toplinskog sustava (CTS). Radi se o izrazito velikoj gustoći potrošnje energije (kWh/m²) za hrvatske okolnosti.

Na temelju izloženih činjenica, zaključuje se da je energetika Grada Zagreba vrlo specifična. To je prepoznato još osamdesetih godina prolog stoljeća kada je izrađena opsežna studija o upravljanju energetikom grada Zagreba. I kasnije su rađene studije o organizaciji energetske djelatnosti u Zagrebu.

Elektroenergetska mreža na području grada Zagreba kao bitan dio ukupne energetske infrastrukture razvijala se u skladu sa rezultatima studija dugoročnog i srednjoročnog razvoja. Izrađeno je više studijskih radova. U okviru navedenih studija određeni su normativi opterećenja i potrošnje električne energije. Obuhvaćene su različite kategorije potrošača. U ovom referatu fokus je upravo na **normativima opterećenja**, jer oni daju podlogu za daljnje planiranje mreže.

Tijekom vremena, a na temelju stečenih iskustava normativi su sniženi. Također su izvršena mjerenja opterećenja na razini TS 10(20)/0,4 kV, koje napajaju električnom energijom potrošače koji koriste različite dodatne energente (toplinska energija, prirodni plin...). Cilj je bio dobiti što bolji uvid u problematiku opterećenja dijelova distribucijske mreže.

Nakon usvajanja planova razvoja distribucijske mreže na razini grada Zagreba, stručne službe Elektre Zagreb radile su detaljnije razrade mreže na razini provedbenih urbanističkih planova (PUP). PUP-ovi su izrađeni kao idejna rješenja. Njima je pokriven veliki dio Grada Zagreba. Također su definirane i "rezervirane" lokacije vodova i transformatorskih stanica (TS 110/10(20) kV).

U razdoblju 1980. – 2024. g. elektroenergetska mreža na području grada Zagreba razvijala se u skladu sa planovima, iako puno sporije. To je u velikoj mjeri bilo uvjetovano sporijim porastom opterećenja i potrošnje električne energije no što je bilo planirano. Također je došlo do slabije suradnje u postupcima prostornog i (elektro)energetskog planiranja na području Grada Zagreba.

U prvom dijelu referata prikazat će se postojeći normativi opterećenja koji su bili polazište za planiranje razvoja distribucijske mreže na području Grada Zagreba. U nastavku referata razmotrit će se problematika planiranja distribucijske mreže u budućnosti. Naime, zbog provedbe "zelene tranzicije" čiji je cilj do 2050. godine postići klimatsku neutralnost na području Europske unije (EU) očekuju se velike promjene u čitavom energetske sektoru. Te promjene će imati veliki utjecaj na daljnji razvoj elektroenergetske mreže, kako prijenosne tako i distribucijske. Zbog toga će trebati metode planiranja, (uključujući normative opterećenja) distribucijske mreže prilagoditi očekivanim novim okolnostima.

2. OSVRT NA STUDIJE RAZVOJA 110 kV I 30 kV MREŽE GRADA ZAGREBA

Razvoj mreže DP Elektra Zagreb bio je osmišljen temeljem rezultata studijskih radova i analiza u dugogodišnjem razdoblju, praktički od 1924. godine kada je izrađena prva analiza tadašnje elektroenergetske mreže koja je rezultirala prijelazom niskonaponske mreže s jednofaznog sustava 2x55 V na trofazni sustav 3x380/220 V.

Od tada pa sve do današnjih dana izrađeno je više studija u kojima se rješavala problematika razvoja elektroenergetske mreže Grada Zagreba. Od posebnog su značaja studije Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba (Osnovno rješenje) [1], iz 1980. godine te studija Novelacija "Osnovnog rješenja elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba" [2], iz 1996. godine. Obje studije, između ostaloga obrađuju normative opterećenja kupaca, s naglaskom na kućanstvima.

2.1 Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba

U Osnovnom rješenju su postavljeni temelji razvoja elektroenergetske mreže 110 kV i 30 kV na području Grada Zagreba. Ta studija je prihvaćena kao razvojni dokument ne samo od strane tadašnje Elektre Zagreb nego i od tadašnjeg Elektroprijenosa Zagreb te Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske (ZEOH). Temeljem rezultata studije Elektroprijenos Zagreb (danas HOPS, Prijenosno područje Zagreb) i Elektra Zagreb (danas HEP – ODS, DP Elektra Zagreb) zajednički su realizirali izgradnju mreže 110 kV na području Grada Zagreba. Posebno je važno ukazati da je temeljem Osnovnog rješenja i njegovih rezultata u Urbanističkom zavodu grada Zagreba 1983. godine izrađeno **Osnovno prostorno rješenje s prijedlogom uvjeta uređenja prostora za lokacije transformatorskih stanica 110/20 kV i trasa koridora kabelskih i zračnih vodova 110 kV** kao dio Generalnog urbanističkog plana grada Zagreba. Time su osigurane lokacije za TS 110/10(20) kV i trase za vodove 110 kV što se pokazalo iznimno značajnim u budućnosti.

U Osnovnom rješenju su definirana konceptijska odrednice od kojih su posebno važne:

- Zamjena naponske razine 10 kV naponskom razinom 20 kV,
- Izgradnja mreže 110 kV uz postupno odumiranje mreže 30 kV.

2.2 Novelacija "Osnovnog rješenja elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba

Novelacija Osnovnog rješenja izrađena je 15 godina nakon Osnovnog rješenja. Bilo je nužno redefinirati vremensku dinamiku izgradnje mreže 110 kV, kao i izvršiti proračune mreža 110 kV i 30 kV u okolnostima drugačijih opterećenja.

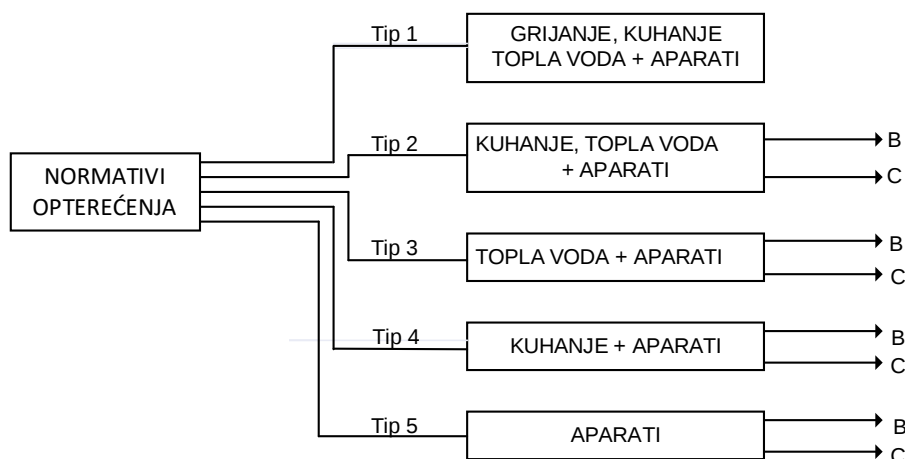
S obzirom na dotadašnja iskustva u ovoj studiji su analizirani normativi opterećenja na temelju rezultata mjerenja, te su predložene odgovarajuće formule.

3. NORMATIVI OPTEREĆENJA KUPACA (KUĆANSTAVA) NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

3.1. Normativi opterećenja iz Osnovnog rješenja

U Osnovnom rješenju određeni su normativi opterećenja kupaca za različite slučajeve (s obzirom na opremljenost električnim aparatima). Naglasak je bio na kupcima iz kategorije kućanstva, iako su obrađeni i karakteristični kupci koji nisu kućanstva (tzv. poduzetništvo). Ovakav pristup je opravdan, jer kućanstva u najvećem dijelu sudjeluju u konzumu na niskom naponu. Osim toga, određivanje normativa opterećenja za kupce koji nisu kućanstva je puno složenija zadaća nego za slučaj kućanstava.

U Osnovnom rješenju definirani su tipovi kućanstava opisani na slici 1:



Slika 1. Normativi opterećenja kućanstava prema Osnovnom rješenju

U vrijeme izrade Osnovnog rješenja kućanstva tipa 1 na području grada Zagreba bila su relativno rijetka. Smatralo se da će zbog intenzivne plinifikacije takva kućanstva u budućnosti biti iznimka. Zato se ona nisu posebno analizirala.

Kućanstva tipa 2 i 3 bila su u jednom dijelu prisutna kod individualne izgradnje dok su tipovi 4 i 5 bili značajno zastupljeni u kolektivnoj izgradnji.

Ovisno o opremljenosti kućanstava električnim aparatima, moguće je kućanstva tipova 2 – 5 podijeliti u podgrupe na slijedeći način:

- **Podgrupa C:** kućanstva opremljena osnovnim električnim trošilima kao što su rasvjeta, stroj za pranje rublja, hladnjak, televizor, glačalo, razni mali uređaji,
- **Podgrupa B:** ista struktura električnih trošila kao u podgrupi C, ali uz prisutan stroj za pranje posuđa te stroj za sušenje rublja,
- **Podgrupa A:** ista struktura električnih trošila kao u podgrupi B, ali uz prisutan klima uređaj.

Osim navedenih električnih trošila, u navedenim podgrupama nalaze se i električni uređaji ovisno o tipu kućanstva, a to su: štednjak na električnu energiju (tipovi 2 i 4) te bojleri za pripremu tople vode (tipovi 2 i 3).

U gradu Zagrebu u razdoblju usvajanja Osnovnog rješenja najčešća je bila uporaba slijedećih normativa opterećenja za kupce iz kategorije kućanstva:

- **normativ 4C**
- **normativ 4B**
- **normativ 5C**
- **normativ 5B**

U manjoj mjeri (kod individualne izgradnje) koristili su se normativi **2C** i **3C**.

Opterećenje grupe kućanstava (na razini TS 10(20)/0,4 kV ili vodova niskog napona) određuje se za navedene tipove kućanstava pomoću slijedećih formula:

Normativi iz Osnovnog rješenja	
Tip 4C:	$P = 1,82 \cdot n + 3,99 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip 4B:	$P = 2,24 \cdot n + 5,00 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip 5C:	$P = 1,25 \cdot n + 3,40 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip 5B:	$P = 1,67 \cdot n + 4,55 \cdot \sqrt{n}$ (kW)

n – broj kućanstava (> 10)

Podgrupa A nije posebno razmatrana jer se smatralo da se u Zagrebu neće u kućanstvima masovnije koristiti uređaji za klimatizaciju.

Normativi su formirani na temelju podataka o tipičnim kućanskim uređajima u tom vremenu. Dakako, moderni uređaji su u pravilu bitno energetske učinkovitiji.

3.2 Prva revizija normativa opterećenja

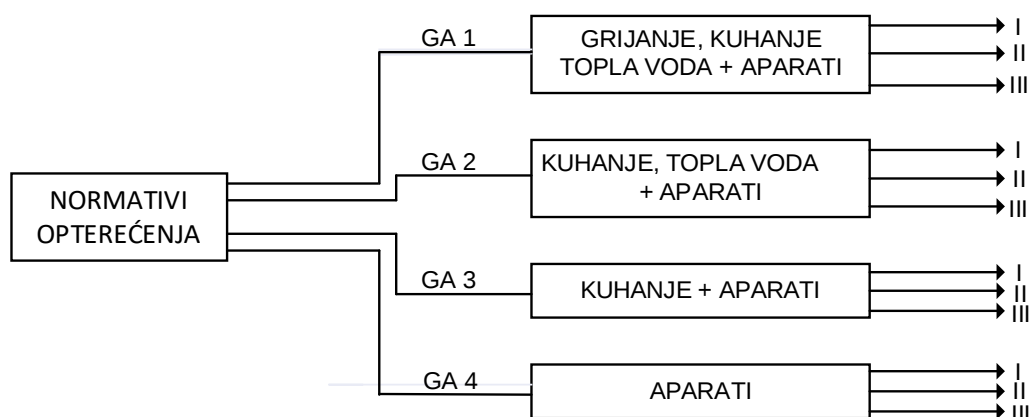
Izloženi normativi opterećenja korišteni su u planiranju distribucijske mreže grada Zagreba. No, praksa je pokazala da su stvarna opterećenja mreže bila puno niža u odnosu na normativa iz Osnovnog rješenja. Zbog toga je Stručni savjet Elektre Zagreb 1990. g. donio odluku da se normativi opterećenja kućanstava tipa 4C, 4B, 5C i 5B linearno smanje za 30%, ali samo ako je u kućanstvima primijenjen centralni toplinski sustav (CTS) ili prirodni plin [3]. Ta Odluka je na snazi i danas

3.3 Normativi opterećenja iz Uputa za projektiranje distribucijskih niskonaponskih mreža (NNM)

Tijekom 1994. g. izrađena je studija Upute za projektiranje niskonaponskih distribucijskih mreža (Upute za projektiranje) [4]. U njima je dan prijedlog normativa opterećenja za različite tipove kućanstava. Definirani su slijedeće podgrupe kućanstava (slika 2):

- **Podgrupa I:** kućanstva opremljena osnovnim električkim trošilima kao što su rasvjeta, stroj za pranje rublja, hladnjak, televizor, glačalo, različiti mali uređaji,
- **Podgrupa II:** ista struktura električnih trošila kao u podgrupi I, ali uz prisutnu pećnicu u štednjaku,
- **Podgrupa III:** ista struktura električnih trošila kao u podgrupi II, ali uz prisutne strojeve za pranje posuđa i te sušenje rublja.

Kod ovih normativa pod kuhanjem se misli na korištenje električnih ploča na štednjaku. Pećnice su posebno razmatrane, zbog velike zastupljenosti kombiniranih štednjaka.



Slika 2. Normativi opterećenja kućanstava prema Uputama za projektiranje

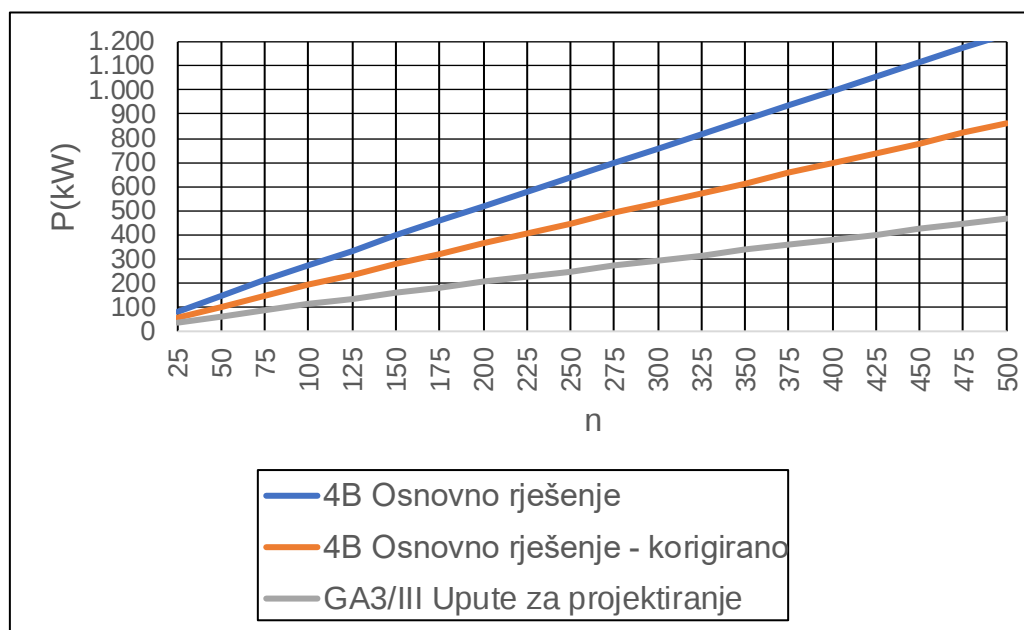
Opterećenje grupe kućanstava (na razini TS 10(20)/0,4 kV ili vodova niskog napona određuje se za najčešće zastupljene vrste kućanstava pomoću slijedećih formula:

Normativi iz Uputa za projektiranje	
Tip GA2/I:	$P = 0,76 \cdot n + 2,96 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA2/II:	$P = 0,82 \cdot n + 3,17 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA2/III:	$P = 0,95 \cdot n + 3,62 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA3/I:	$P = 0,60 \cdot n + 2,48 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA3/II:	$P = 0,66 \cdot n + 2,72 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA3/III:	$P = 0,79 \cdot n + 3,23 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA4/I:	$P = 0,44 \cdot n + 1,87 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA4/II:	$P = 0,50 \cdot n + 2,18 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
Tip GA4/III:	$P = 0,63 \cdot n + 2,80 \cdot \sqrt{n}$ (kW)

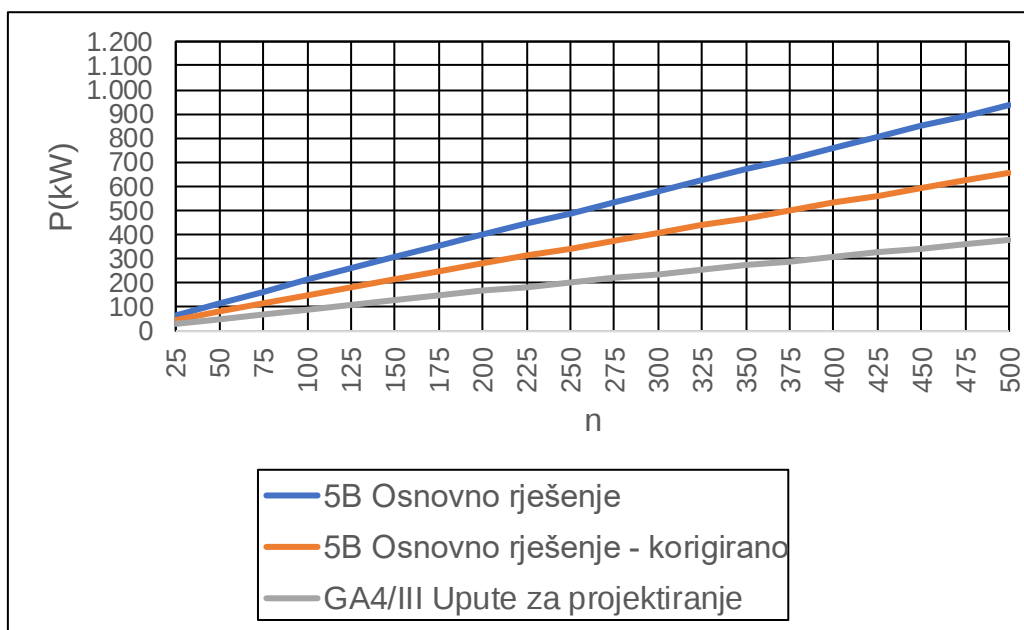
n – broj kućanstava (> 10)

Prema iskustvu, na području grada Zagreba najzastupljenija bila su kućanstva kojima odgovaraju normativi **GA3/II** ili **GA4/II (4C ili 5C)**. Šmatralo se da će u budućnosti takva kućanstva biti još više zastupljena, zbog očekivane plinifikacije na području grada Zagreba. Isto tako, smatralo se da će s porastom životnog standarda doći do sve veće primjene strojeva za pranje posuđa, te sušenje rublja. To znači da se očekivala sve veća primjena normativa **GA3/III** ili **GA4/III (4B ili 5B)**.

Usporedba često korištenih normativa u grafičkom obliku dana je na slikama 3 i 4.



Slika 3. Usporedba normativa 4B (GA3/III)



Slika 4. Usporedba normativa 5B (GA4/III)

3.4 Mjerenja opterećenja karakterističnih TS 10(20)/0,4 kV

Iz izloženog pregleda korištenih normativa očite su značajne međusobne razlike. Zbog toga su izvršena mjerenja opterećenja u karakterističnim mrežama niskog napona, te pripadnim TS 10(20)/0,4 kV. Time se nastojalo doći do što realnijih normativa opterećenja [4], [5].

Prilikom odabira TS 10(20)/0,4 kV odnosno pripadnih izvoda niskog napona usvojena su slijedeća polazišta:

- TS 10(20)/0,4 napajaju konzumna područja u kojima su pretežno zastupljeni kupci kategorije kućanstva,

- U konzumnim područjima su zastupljeni različiti ostali energenti,
- Broj TS 10(20)/0,4 kV te pripadnih izvoda niskog napona bio je ograničen raspoloživom mjernom opremom koja omogućava istodobna mjerenja.

S obzirom da su se na području Grada Zagreba očekivala maksimalna opterećenja tijekom božićnih blagdana, mjerenja su provedena u razdoblju 21.12. – 27.12.1995. g. Osim toga, dodatna mjerenja u istim TS 10(20)/0,4 kV izvršena su tijekom uskršnjih blagdana (5.4. – 9.4.1996.). Dobivene su vrijednosti barem 10% niže u odnosu na rezultate mjerenja iz božićnog razdoblja 1995. g.

Rezultati mjerenja uspoređeni su sa rezultatima računskih simulacija, uz korištenje normativa opterećenja iz Uputa za projektiranje, na slijedeći način:

- TS 10(20)/0,4 kV koje napajaju područja bez CTS-a ili plinske mreže – **normativ GA2/III**,
- TS 10(20)/0,4 kV koje napajaju područja sa plinskom mrežom – **normativ GA2/I**,
- TS 10(20)/0,4 kV koje napajaju područja sa CTS-om – **normativ GA3/I**.

Usporedbom navedenih rezultata utvrđeno je da mjerenja u pravilu daju **nešto niže vrijednosti** od računskih.

Na temelju izloženih istraživanja u [4] su predloženi su slijedeći normativi opterećenja za kućanstva na području grada Zagreba:

- 1) Kućanstva uključena u centralni toplinski sustav (CTS), neovisno o prisustvu plinske mreže:

$$P = 0,60 \cdot n + 2,48 \cdot \sqrt{n}$$

- 2) Pretežno plinificirana kućanstva (bez CTS-a):

$$P = 0,76 \cdot n + 2,96 \cdot \sqrt{n}$$

- 3) Djelomično plinificirana kućanstva:

$$P = 0,95 \cdot n + 3,62 \cdot \sqrt{n}$$

Kao što se vidi, usvojen je pristup temeljen na "prosječnom" kućanstvu, ovisno o zastupljenosti drugog energenta.

4. IZAZOVI U PLANIRANJU DISTRIBUCIJSKE MREŽE U BUDUĆNOSTI

Razmatrani normativi opterećenja krajnjih kupaca (kućanstava) zadnji put su analizirani prije skoro 30 godina. Nedvojbeno je da postoje mnogobrojni razlozi za njihovu ponovnu analizu, te prilagodbu sadašnjem (elektroenergetskom) okruženju. U ovom poglavlju ukratko će se izložiti nove (danas sagledive) okolnosti koje predstavljaju izazove u postupcima planiranja distribucijske mreže, a vezane su i za normative opterećenja.

Energetska učinkovitost različitih električnih trošila se tijekom proteklih 30 godina značajno poboljšala. Dovoljno je istaknuti pojavu LED rasvjete ali i bitno učinkovitijih uređaja bijele tehnike. Radi se o utjecaju koji će rezultirati daljnjim smanjenjem normativa opterećenja.

Suprotan utjecaj ima porast životnog standarda kućanstava koji rezultira masovnijom primjenom određenih kućanskih uređaja – primjerice klima uređaja, sušilica rublja, itd. Ti uređaji mogu dovesti do porasta normativa opterećenja.

Sve više kućanstava koristi samoopskrbu električnom energijom, prvenstveno ugradnjom solarnih panela. Dijagram opterećenja takvih kućanstava ima bitno drugačije značajke zbog utjecaja ugrađene proizvodnje električne energije. Situacija je komplicirana zbog nestabilne proizvodnje koja ovisi o osunčanosti lokacije. Taj efekt se može popraviti primjenom baterija za pohranu električne energije.

Zbog izloženog, moguće je da vršno opterećenje takvog kućanstava ne bude bitno niže, bez obzira na ugrađenu proizvodnju. To se naročito odnosi na zimske mjeseci kada se očekuju najveća opterećenja a na području grada Zagreba tada nema puno sunčanih dana. Dakako, opterećenja takvih kućanstava ovise o načinu korištenja električne energije pojedinih kućanstava.

Primjena električnih vozila (EV) u Republici Hrvatskoj nije jako raširena. Međutim, "zelena tranzicija" EU predviđa postupnu zamjenu vozila koja koriste motore sa unutrašnjim sagorijevanjem sa električnim vozilima. Za očekivati je da će korisnici EV koji imaju tehničke mogućnosti puniti baterije EV iz vlastitih instalacija. To će dovesti do povećanja opterećenja mreže. Za takva kućanstva treba odrediti odgovarajuće normative opterećenja.

Povećanje opterećenja mreže može se smanjiti punjenjem baterija EV u vremenu niskih opterećenja sustava (noću). No, kupce je potrebno potaknuti na takav pristup stimulativnim tarifnim sustavom. Ima mišljenja da će to zahtijevati posebno obračunsko mjerno mjesto za punjenje baterija EV.

Poseban problem predstavlja ukupna opskrba energijom Grada Zagreba. U najvećem dijelu grada Zagreba osim električne energije koriste se kao energenti prirodni plin ili ogrjevna toplina iz centralnog toplinskog sustava (CTS). Prema podacima HEP ODS-a [6] potrošnja električne energije (prodaja) na području Grada Zagreba iznosila je 2023. godine oko **2,9 TWh ukupno**, odnosno oko **1,1 TWh** za kupce iz kategorije **kućanstva**.

Potrošnja prirodnog plina 2023. godine na području Grada Zagreba iznosila je oko **3,4 TWh ukupno**, odnosno oko **2,2 TWh** za kupce iz kategorije **kućanstva** [7]. Broj kupaca iz kategorije kućanstva na području Grada Zagreba iznosi oko **250.000**. Dakle, kućanstva na području grada Zagreba troše **2 puta** više prirodnog plina u odnosu na električnu energiju.

Zelena tranzicija EU predviđa postupno ukidanje korištenja fosilnih goriva (znači i prirodnog plina). Kao alternativa prirodnom plinu često se navodi primjena dizalica topline, koje za pogon koriste električnu energiju. S obzirom na navedene podatke očito je da bi takva zamjena energenata zahtijevala bitno pojačanje električne distribucijske mreže. Naravno, u prvom redu trebalo bi utvrditi normative opterećenja kućanstava koja koriste dizalice topline.

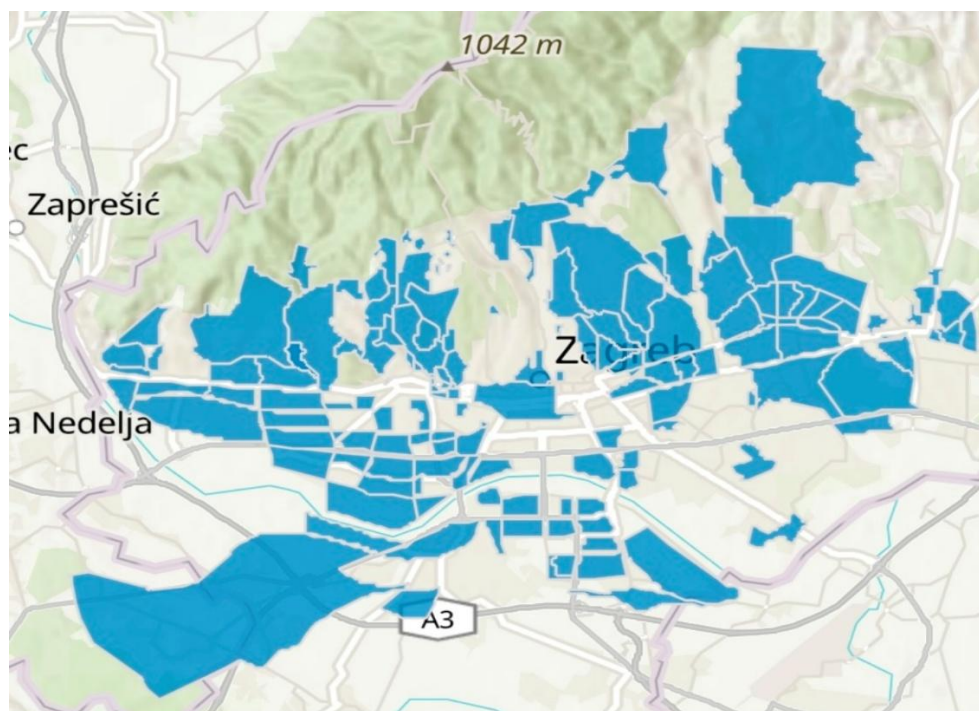
Što se tiče centraliziranog toplinskog sustava, on se uglavnom koristi za opskrbu ogrjevnom toplinom pretežito građevina za kolektivno stanje. U 2023. godini kupcima CTS-a isporučeno je oko **1,12 TWh** ogrjevnog topline [8]. Broj priključenih kućanstava je bio **102.2802**. Prema objavljenim podacima u [9] postoji više opcija za zadržavanje CTS-a u funkciji, uz drugačiji način proizvodnje toplinske energije. To je važna spoznaja, pošto u takvim okolnostima nije potrebno bitno pojačavati elektroenergetsku mrežu.

5. MEĐUSOBNA OVISNOST PROSTORNOG I ENERGETSKOG PLANIRANJA

Tijekom proteklih desetljeća u Gradu Zagrebu primjetna je, na žalost, polagana, ali značajna promjena u pristupu planiranja razvoja i izgradnje grada koja je rezultirala sve prisutnijom prostornom devastacijom i neusklađenošću izgradnje stambenih i poslovnih objekata s pratećom infrastrukturom. Prostorno planiranje se pomalo degradiralo i rezultat je manjak ili čak potpuni izostanak sudjelovanja stručnjaka raznih profila i infrastrukturnih organizacija/tvrtki u procesu izrade prostornih planova razvoja.

Potrebno je prisjetiti se 80-tih godina proteklog stoljeća kada su razvojne službe tadašnje Elektro Zagreb usko surađivale s Urbanističkim zavodom grada Zagreba u procesu planiranja razvoja i izgradnje, najvažnije kroz izradu idejnih rješenja distribucijske mreže za Provedbene urbanističke planove (PUP) kojima je planiran urbanistički razvoj manjih dijelova gradskog prostora, a sve temeljem tada važećih zakona koji su se odnosili na prostorno planiranje i građevinarstvo. Ta je idejna rješenja mreže izrađivao Projektni biro Elektro Zagreb na temelju studijskih rješenja i strateških planova razvoja distribucijske mreže grada Zagreba, koristeći studijski usvojene **normative opterećenja** električne energije i primjenjujući ih za planiranje budućih energetskih potreba na području konkretnih PUP-ova. Rješenja su se radila na razini idejnih projekata s točno određenim lokacijama budućih TS 10(20)/0,4 kV i trasama elektroenergetskih vodova svih naponskih razina na području obuhvaćenom PUP-om.

Već 1985. godine, veliki dio Grada bio je pokriven PUP-ovima izrađenim na opisani način, što je vidljivo iz priloženog grafičkog prikaza na slici 5:



Slika 5. Izrađeni PUP-ovi

Nakon donošenja novih zakona i pratećih propisa PUP-ovi su stavljeni izvan snage, a prostorno planiranje manjih gradskih cjelina počinje se rješavati kroz izradu Urbanističkih planova uređenja (UPU) i Detaljnih planova uređenja (DPU). U tom se procesu izgubila konkretna suradnja Grada kao nositelja urbanističkog planiranja i Elektro Zagreb na izradi takvih planova pa je sudjelovanje stručnjaka Elektro Zagreb ostalo na razini davanja traženih podloga i suglasnosti, a ne na izradi energetskih rješenja za obuhvat plana.

Takav je pristup prostornom planiranju rezultirao priličnim neredom u razvoju i izgradnji Grada te velikim problemima u usklađivanju planova razvoja i izgradnje elektrodistribucijske mreže s realizacijom zahvata u prostoru. Tu se jednako radi o izgradnji bilo većih objekata, često ostvarenih temeljem „točkastih izmjena“ prostornih planova, bilo manjih pojedinačnih koji su se javljali u većem broju (primjeri su stihijska izgradnja na području Trešnjevke, Trnja, u podsljemenskoj zoni...). Poseban problem kod takvoga načina izgradnje uvijek predstavlja prateća infrastruktura, u prvom redu to je nedostatak adekvatno planiranih i izgrađenih (proširenih) prometnica koje su neophodne za pristup objektima i za koridore za polaganje infrastrukturnih vodova te posebno vrlo teško pronalaženje i osiguranje lokacija za izgradnju transformatorskih stanica.

6. ZAKLJUČCI

U DP-u Elektro Zagreb još od osamdesetih godina u postupku planiranja distribucijske mreže koristili su se normativi opterećenja krajnjih kupaca, sa naglaskom na kućanstvima. Tijekom primjene normativa opterećenja došlo se do zaključka da su početni normativi iz Osnovnog rješenja previsoki u odnosu ostvarene vrijednosti. Zato je izvršena revizija (smanjivanje) nekih normativa.

Posebno treba ukazati na mjerenja opterećenja karakterističnih TS 10(20)/0,4 kV sa ciljem dobivanja boljeg uvida u značajke opterećenja.

Nakon 1996. godine nisu provedena nova, opsežnija istraživanja normativa opterećenja. Smatramo da je potrebno žurno novelirati normative opterećenja za područje grada Zagreba (ali i čitavu Republiku Hrvatske). Razlog su mnoge promjene koje u najvećoj mjeri proizlaze iz "zelene tranzicije" EU. Nužno je utvrditi relevantne normative opterećenja jer je to uvjet za racionalni razvoj distribucijske mreže.

Povoljna okolnost je što je veliki broj kupaca električne energije opremljen naprednim mjernim uređajima koji omogućavaju snimanje dijagrama opterećenja kupaca. Također je veliki broj TS 10(20)/0,4 kV opremljen naprednim mjernim uređajima, a sve to omogućava provedbu kvalitetnih istraživanja.

Poseban problem u planiranju distribucijske mreže je slaba koordinacija prostornog i (elektroenergetskog) planiranja. Kako bi se navedeni problemi u budućnosti izbjegli, potrebno je u prostornom planiranju osigurati bolju i užu suradnju nositelja izrade prostornih planova svih razina sa svim sudionicima neophodnim za nesmetano funkcioniranje Grada i osiguranje kvalitetnog života njegovih stanovnika, a to su u prvom redu infrastrukturne i energetske tvrtke. U tome je procesu bitno kvalitetno dugoročno (i strateško) planiranje razvoja koje mora osigurati međusobno usklađivanje prostornog planiranja izgradnje cijeloga Grada i pojedinih manjih područja s planiranjem razvoja cjelokupne prateće infrastrukture, dakle i elektroenergetske mreže.

U tome bi cilju bilo poželjno ponovo osigurati neki način izravnijeg sudjelovanja stručnjaka HEP-ODS-a, DP Elektre Zagreb u cijelom procesu izrade i donošenja prostornih planova svih razina na području Grada Zagreba.

7. LITERATURA

- [1] R. Schenner, "Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba, Knjiga II", Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1980.
- [2] S. Žutobradić, E. Mihalek, "Novelacija Osnovnog rješenja elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1996.
- [3] Zaključak 7. sjednice Stručnog savjeta DEEZ o prilagođavanju normativa opterećenja u području kolektivnog i individualnog stanovanja, Zagreb, 1990.
- [4] E. Mihalek i suradnici, "Upute za projektiranje niskonaponskih distribucijskih mreža", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1994.
- [5] S. Žutobradić, E. Mihalek i L. Wagmann, "Istraživanje normativa opterećenja kućanstava na području grada Zagreba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2000.
- [6] Prodaja električne energije u 2023. g., HEP ODS d.o.o.
- [7] Plinsko gospodarstvo Republike Hrvatske u 2023. godini, Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb
- [8] Podaci o opskrbi grada Zagreba toplinskom energijom u 2023. g., HEP Toplinarstvo d.o.o.
- [9] D. Balić i suradnici, "Razvoj proizvodnih lokacija na području grada Zagreba u svjetlu europskih energetske politika i utjecaj na centralizirani toplinski sustav grijanja i hlađenja", 16. simpozij HRO CIGRE, Cavtat, 2024.