

Josipa Barišin  
HEP ODS – ELEKTRA ZAGREB  
[josipa.barisin@hep.hr](mailto:josipa.barisin@hep.hr)

Ana Crnolatac  
HEP ODS – ELEKTRA ZAGREB  
[ana.crnolatac@hep.hr](mailto:ana.crnolatac@hep.hr)

Tomislav Koledić  
HEP ODS – ELEKTRA ZAGREB  
[tomislav.koledic@hep.hr](mailto:tomislav.koledic@hep.hr)

## UKIDANJE 30 KV NAPONSKE RAZINE I PRIJELAZ NA 20 KV NAPONSKU RAZINU IZ 4TS 28 TE-TO

### SAŽETAK

Jedna od glavnih pojnih točaka distribucijske mreže grada Zagreba je 4TS28 110/30 kV TE-TO u kojemu je ugrađena transformacija 110/30 kV, snaga 63, 40 i 60 MVA. Kako bi se smanjili padovi napona te izbjegla višestruka transformacija naponskih razina i poboljšali prijenosni i opskrbljujući uvjeti u sredjonaponskoj mreži, usvojena je koncepcija distribucijske mreže na području grada Zagreba kao zamjena tronaponske razine 110/30/10 kV na dvonaponsku razinu 110/20 kV. U radu je obrađen prijedlog optimalnog rješenja ukidanja 30 kV napona u distribucijskoj mreži istočnog dijela grada Zagreba, napajane iz 4TS28 TE-TO uz analizu postojeće mreže srednjeg napona kao i uz analizu mogućih načina ukidanja 30 kV napona u razmatranoj mreži. Također, analiziran je i položaj distribucijske mreže nakon ukidanja naponske razine 30 kV i prelaska 4TS28 TE-TO na 20 kV naponsku razinu.

**Ključne riječi:** distribucijska mreža, razvoj, padovi napona, višestruka transformacija, transformatorska stanica

## ANALYSIS OF THE 10(20) KV POWER SUPPLY AREA AND SUSPENSION OF 30 KV VOLTAGE LEVEL FROM 4TS 28 TE-TO

### SUMMARY

One of the main transformer substation of the Zagreb distribution network is 4TS 28 110/30 kV TE-TO, which incorporates a 110/30 kV transformation of 63, 40 and 60 MVA. In order to reduce voltage drops and avoid multiple voltage levels transformation and improve transmission and supply conditions in the mid-voltage network, the concept of distribution network development in the City of Zagreb was adopted as a replacement of the three-voltage level 110/30/10 kV with two-voltage level 110/20 kV. The paper deals with optimal solution for the suspension of 30 kV voltage in distribution network of the eastern part of Zagreb, powered from 4TS 28 TE-TO, with the analysis of the existing medium voltage network as well as with the analysis of possible ways of breaking the 30 kV voltage in the considered network. In paper there is also analyzed the condition of distribution network after suspension of 30 kV voltage level and the transition of the 4TS 28 TE-TO to the 20 kV voltage level.

**Key words:** distribution network, development, voltage drop, multiple transformation, substation

## 1. UVOD

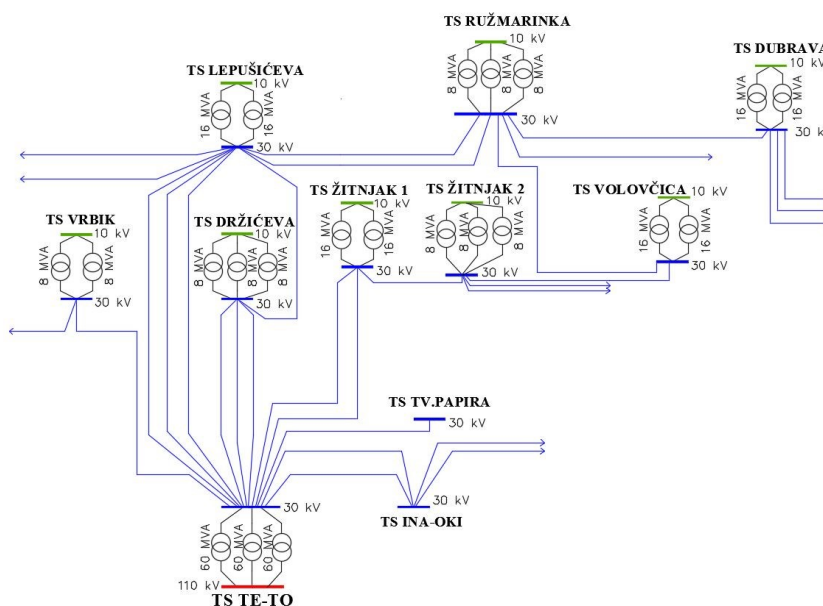
Jedna od glavnih pojnih točaka distribucijske mreže grada Zagreba je 4TS 28 110/30 kV TE-TO u kojemu je ugrađena transformacija 110/30 kV, snaga 63, 40 i 60 MVA. Ovo postrojenje predstavlja ključnu pojnju točku istočnog dijela grada Zagreba uz transformatorsku stanicu (TS) 110/30 kV Resnik. Prosječno vršno opterećenje 4TS 28 110/30 kV TE-TO u posljednjih 5 godina je oko 60 MW što je svrstava u jednu od najopterećenijih transformatorskih stanica 110/x kV u HEP-ovoj mreži.

Kako bi se smanjili padovi napona te izbjegla višestruka transformacija naponskih razina i poboljšali prijenosni i opskrbljujući uvjeti u sredjonaponskoj mreži, usvojena je koncepcija razvoja distribucijske mreže na području grada Zagreba kao zamjena tronaponske razine 110/30/10 kV na dvonaponsku razinu 110/20 kV. Navedeni prelazak na 20 kV razinu podrazumijeva izgradnju novih pojnih stanica 110/20 kV i pretvorbu postojećih TS 110/30 kV u TS 110/20 kV čime se stvaraju uvjeti za ukidanje 30 kV napona u pojedinim transformatorskim stanicama pa tako i u TS 110/30 kV TE-TO.

Kroz ovaj rad obrađen je prijedlog optimalnog rješenja ukidanja 30 kV napona u distribucijskoj mreži istočnog dijela grada Zagreba, napajane iz 4TS 28 TE-TO uz analizu postojeće mreže srednjeg napona kao i analiza mogućih načina ukidanja 30 kV napona u razmatranoj mreži uz realno očekivanu dinamiku zamjene 10 kV napona s 20 kV. Također, analiziran je i položaj distribucijske mreže nakon ukidanja naponske razine 30 kV i prelaska 4TS 28 TE-TO na 20 kV naponsku razinu

## 2. POSTOJEĆE STANJE DISTRIBUCIJSKE MREŽE U ISTOČNOM DIJELU GRADA ZAGREBA

Transformatorska stanica 4TS28 110/30 kV TE-TO služi za napajanje šireg područja istočnog dijela grada Zagreba. Na 4TS28 110/30 kV TE-TO priključene su transformatorske stanice naponske razine 30/10 kV što je vidljivo na slici 1.



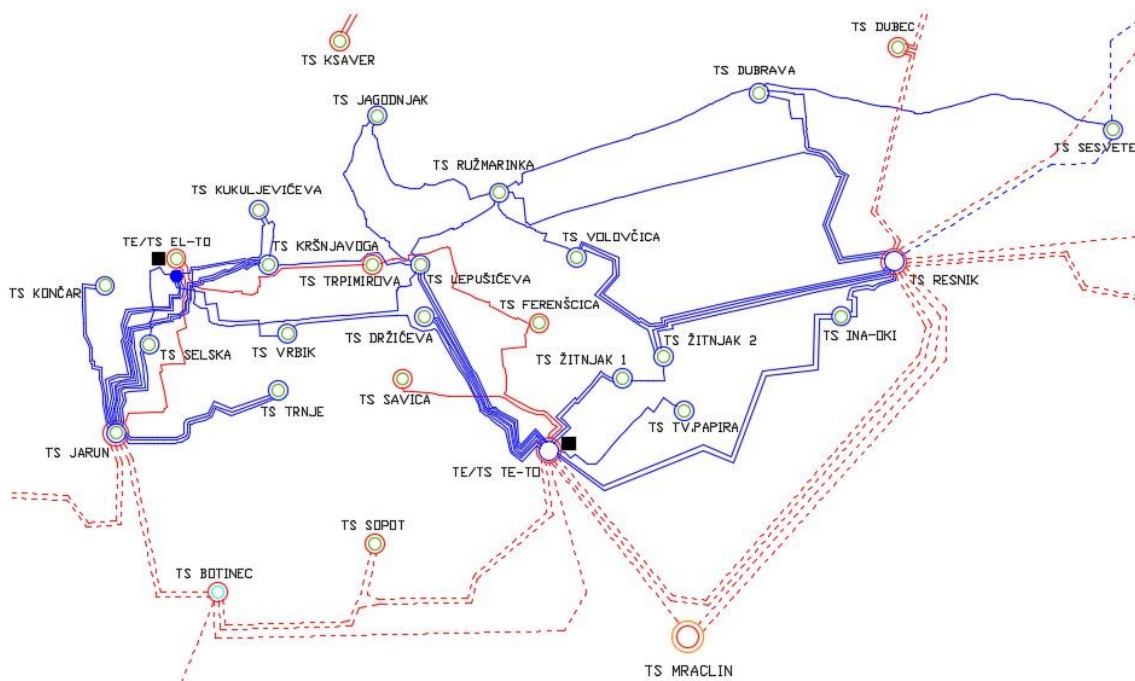
Slika 1. Mreža 30 kV priklučena na 4TS28 110/30 kV TE-TO

Navedene 30/10 kV transformatorske stanice izgrađene su prije više od 40 godina. S obzirom da je usvojena koncepcija prelaska mreže s tronaponske razine 110/30/10 kV na dvonaponsku razinu 110/20 kV, u te je stanice minimalno ulagano što ukazuje na potrebu njihovog postupnog stavljanja izvan pogona, odnosno zamjenu s TS 110/20 kV.

Transformatorska stanica 4TS 28 110/30 kV TE-TO interpolirana je u srednjonaponsku mrežu između drugih 110/10(20) kV pojnih točaka grada Zagreba pa tako tvori vezu s 4TS 23 BOTINEC, 4TS 29 SOPOT, 4TS 31 FERENŠČICA, 4TS 13 SAVICA, 4TS 30 RESNIK te sa TS 220/110/10 kV MRACLIN što je vidljivo na slici 2. Budući da 4TS 28 TE-TO tvori poveznju mrežu s navedenim transformatorskim stanicama, to ju čini potencijalnom za idući korak u razvoju srednjonaponske mreže u gradu Zagrebu odnosno za prelazak na 20 kV naponsku razinu i postupno ukidanje tronaponske razine.

Kako bi se razvoj srednjonaponske mreže iz 4TS 28 TE-TO napravio kvalitetno, treba uzeti u obzir svu 30 kV mrežu priključenu na 4TS 28 110/30 kV TE-TO, a ne samo istočni dio grada. S obzirom da su postojeće TS 30/10 kV opterećene do graničnih veličina, postojeće i planirane TS 110/20 kV preuzimaju konzum te se na taj način područje isporuke električne energije iz TS 30/10 kV postupno smanjuje.

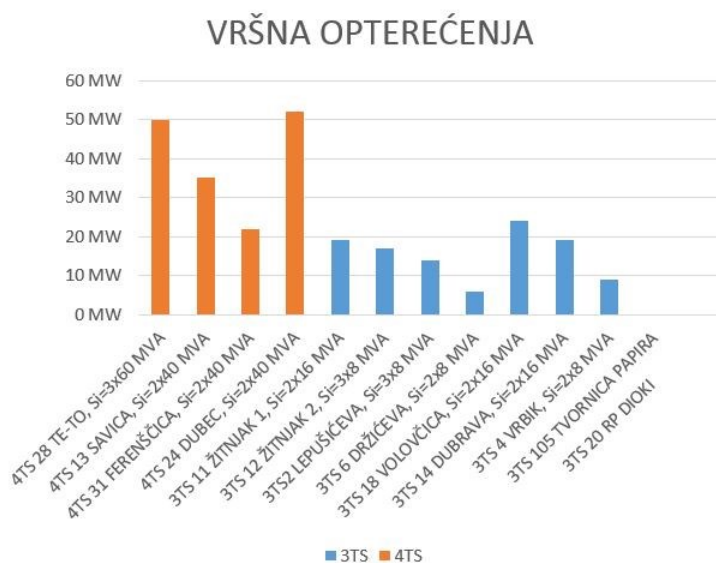
Transformatorske stanice 30/10 kV naponske razine će ovisno o izgrađenosti 110 kV mreže imati ulogu ili osnovnog načina opskrbe konzuma ili će služiti kao ispomoć TS 110/20 kV sve do ukidanja 30 kV naponskog nivoa kada će nove TS 110/20 kV preuzeti glavnu ulogu napajanja konzuma. Prema prijašnjim i budućim desetogodišnjim (10g) planovima razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a u pogon su puštene 4TS 31 110/10(20) kV FERENŠČICA i 4TS 34 110/20 kV SESVETE koje su počele preuzimati dio konzuma iz okolnih 30/10 kV transformatorskih stanica. Također, prema budućim planovima u tijeku je izgradnja TS 110/10(20) kV CVJETNO NASELJE te se planira izgradnja i puštanje u pogon TS 110/(10)20 kV MAKSIMIR. Novoplanirana TS 110/10(20) kV CVJETNO NASELJE preuzet će opterećenje TS 30/10 kV TRNJE i TS 30/10 kV VRBIK, dok će TS 110/10(20) kV MAKSIMIR preuzet opterećenje TS 30/10 kV VOLOVČICA te djelomično opterećenje TS 30/10 kV DUBRAVA.



Slika 2. Prikaz mreže 110 kV i 30 kV u istočnom dijelu grada Zagreba

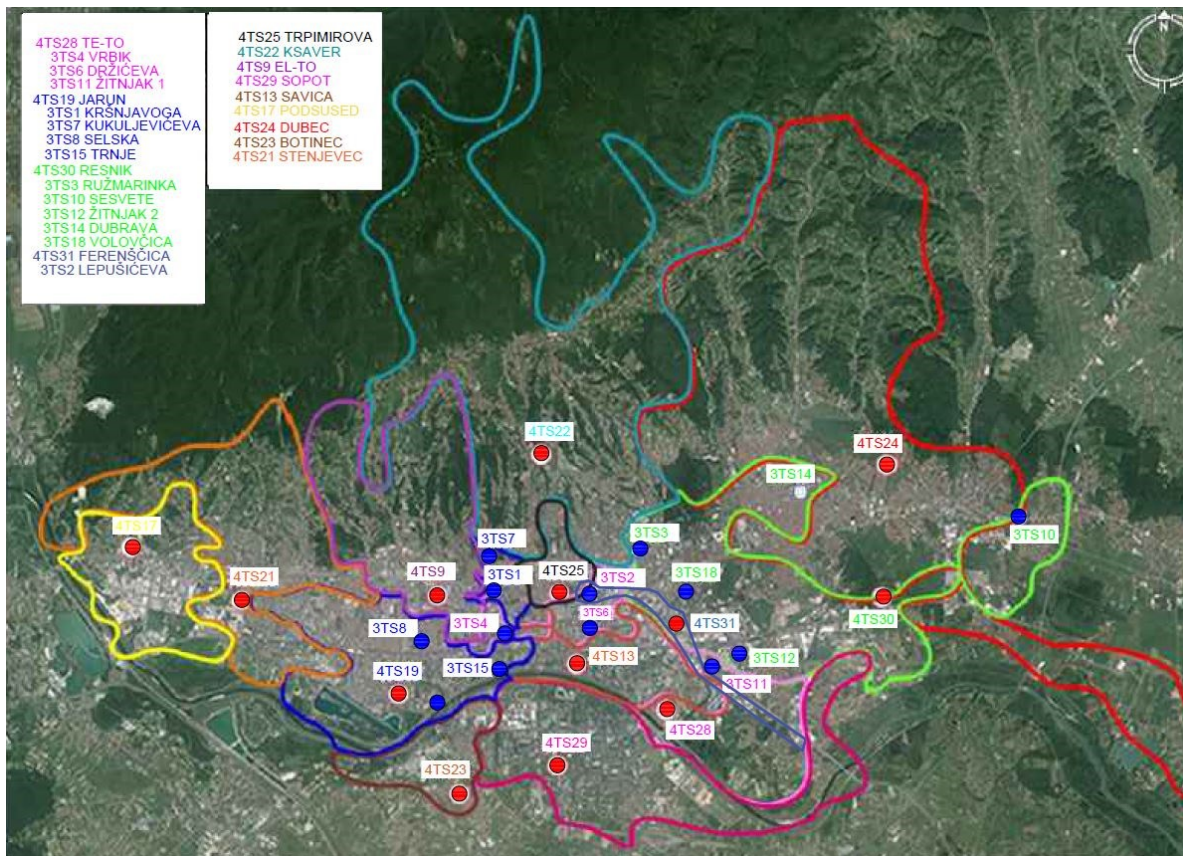
S obzirom na kontinuiranu promjenjivost razvoja grada Zagreba i s obzirom na veliki broj novih zahtjeva priključenja na elektroenergetsku mrežu potrošača manjih i većih priključnih snaga, vršna opterećenja u 110/x kV i 30/10 kV transformatorskim stanicama variraju. Prema tome se može zaključiti kako je u određenim vremenskim intervalima u određenim transformatorskim stanicama narušen kriterij n-1 što je vidljivo u tablici I. i što će naknadno biti razrađeno.

Tablica I. Opterećenje transformatorskih stanica 110/x kV i 30/10 kV u 2019. g.



### 3. OPTEREĆENJA TS 110/SN I TS 30/10 KV

Na slici 3. [1] prikazana su konzumna područja grada Zagreba od kojih 3TS 11 30/10 kV Žitnjak 1, 3TS 12 30/10 kV Žitnjak 2 i 3TS 6 30/10 kV Držičeva napajaju istočni dio grada, 3TS 2 30/10 kV LEPUŠIĆEVA napaja centar grada, dok su 3TS 105 30/10 kV Tvornica papira i 3TS 20 30/10 kV Dioki u vlasništvu kupaca u istočnom dijelu grada. Smanjenjem potrošnje proizvodnih pogona DIOKI i Tvornica papira došlo je do značajnije promjene opterećenja u 4TS 28 110/30 kV TE-TO.



Slika 3. Konzumna područja grada Zagreba

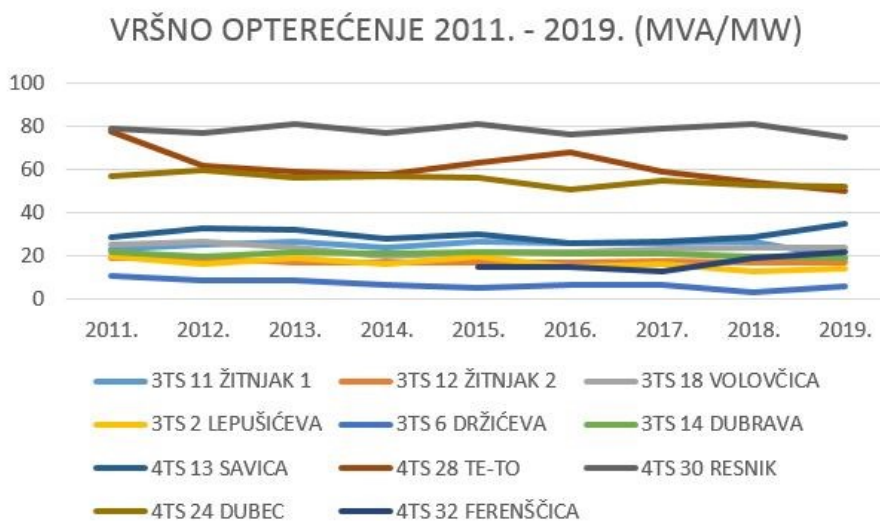


### 3.1. Vršna opterećenja bez izgradnje novih pojnih točaka

Podaci o opterećenju transformacije 110/x kV i 30/10 kV u istočnom dijelu grada Zagreba dani su u tablici II. za razdoblje od 2011. do 2019. Prema danim podacima vidljivo je kako nema velikog kontinuiranog porasta. Razlog tome je izgradnja i puštanje u pogon 4TS 31 FERENŠČICA kod koje se vidi blagi porast opterećenja što je i za očekivati s obzirom da stanica preuzima dio konzuma iz okolnih 30/10 kV transformatorskih stanica kod kojih je zabilježen pad opterećenja.

Kako se elektroenergetska mreža konstantno razvija i priključuje se velik broj novih potrošača tako je i za očekivati kako će opterećenja u postojećim 30/10 kV transformatorskim stanicama rasti ukoliko se ne izgrade nove, odnosno rekonstruiraju stare 110/x kV transformatorske stanice koje će preuzeti određeni dio potrošača. Što se tiče zabilježenog pada opterećenja u 4TS 28 110/30 kV TE-TO, pad se može objasniti izmjenama u 30 kV mreži čitavog grada Zagreba kao i smanjenjem rada tvornice DIOKI koja je imala rezervno napajanje iz 4TS 28 110/30 kV TE-TO.

Tablica II. Vršno opterećenje TS 110/x kV i TS 30/10 kV u razdoblju 2011. – 2019. g.



Iz prikazanog grafičkog prikaza može se zaključiti kako je opterećenje na razini distribucijskog područja stagnirano uz male godišnje varijacije. U istočnom dijelu grada Zagreba došlo je do zatvaranja velikih industrijskih pogona što je utjecalo na smanjenje opterećenja. S druge strane na istim lokacijama došlo je do pojave novih kupaca koji su u značajnoj mjeri kompenzirali gubitak potrošnje velikih kupaca.

Isto tako, može se očekivati razvoj istočnog dijela grada Zagreba te veći broj novih zahtjeva za priključenje na mrežu. Kao jedan od primjera je zahtjev investitora Savica projekt d.o.o. za priključenjem tri građevine ukupne snage preko 6 MW. S obzirom na veliku priključnu snagu cijelog projekta (sve tri građevine) i s obzirom na rezultate proračuna nakon priključenja korisnika na mrežu prema elaboratima, kriterij n-1 na transformaciji 110/10 kV u 4TS 13 110/10(20) kV Savica nije zadovoljen. Prema izrađenom Elaboratu optimalnog tehničkog rješenja priključenja prikazano je kako u slučaju ispada TR 2 110/10 kV prilikom maksimalnog opterećenja u mreži, opterećenje drugog transformatora iznosi 107,77%Sn, što je više od dozvoljenih 100%Sn u izvanrednom uklopnom stanju. Zaključuje se da korisnika „Savica projekt“ nije moguće priključiti na postojeću mrežu, već je potrebno stvoriti nove tehničke uvjete u mreži odnosno rekonstruirati 4TS 28 110/30 kV TE-TO.

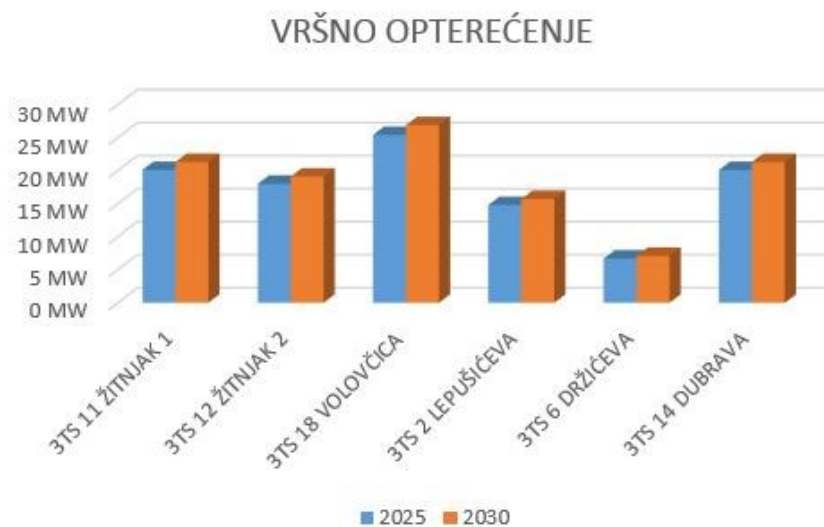
Osim priključenja budućih kupaca na elektroenergetsku mrežu, na prognozu opterećenja po TS 110/x kV i TS 30/10 kV utječe i pojava novih pojnih točaka (TS 110/20 kV) koje preuzimaju određeni dio konzuma. Prema svemu navedenom istočni dio grada Zagreba se može smatrati područjem umjerenog porasta električne energije s prosječnim godišnjim porastom od cca 1,5% [1].

Ukoliko se uzme u obzir predviđeni porast vršnog opterećenja od 1,5%, može se pretpostaviti daljnji razvoj elektroenergetske mreže i opterećenja na postojećim TS 110/x kV i TS 30/10 kV za nadolazeće desetogodišnje razdoblje 2020., 2025. i 2030 (slika 4.) neuzimajući u obzir izgradnju i puštanje u pogon novih objekata (pojnih točaka) kao ni rasplet 4TS 31 FERENŠČICE.

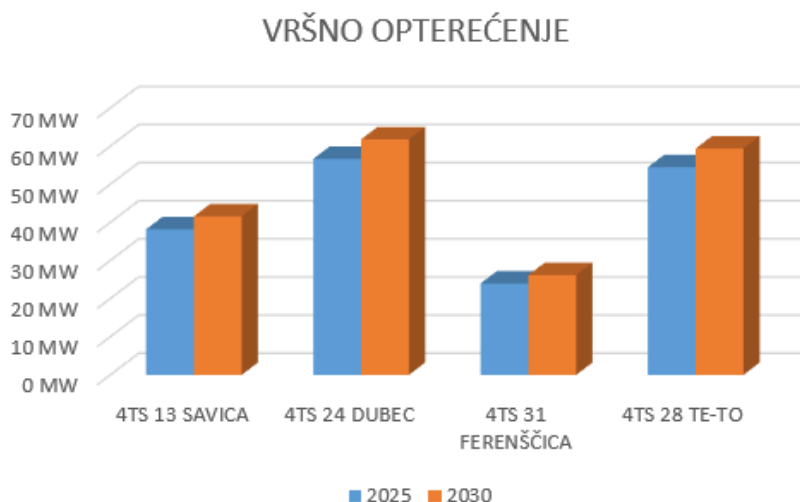


Slika 4. Opterećenja postojećih TS 110/x kV i TS 30/10 kV (MW) – bez izgradnje novih pojnih točaka za 2025. i 2030.

Isto tako, ukoliko stanje u elektroenergetskoj mreži ostane postojeće, bez ulaganja u izgradnju ili rekonstrukciju novih pojnih točaka, doći će do manjka kapaciteta u postojećim transformacijama 110/x kV i 30/10 kV do 2030. godine, što znači da će u pojedinim pojnim točkama biti narušen kriterij n-1, odnosno doći će do maksimalne iskoristivosti transformatorskih stanica (slike 5. i 6.).



Slika 5. Očekivani porast opterećenja u postojećim TS 30/10 kV

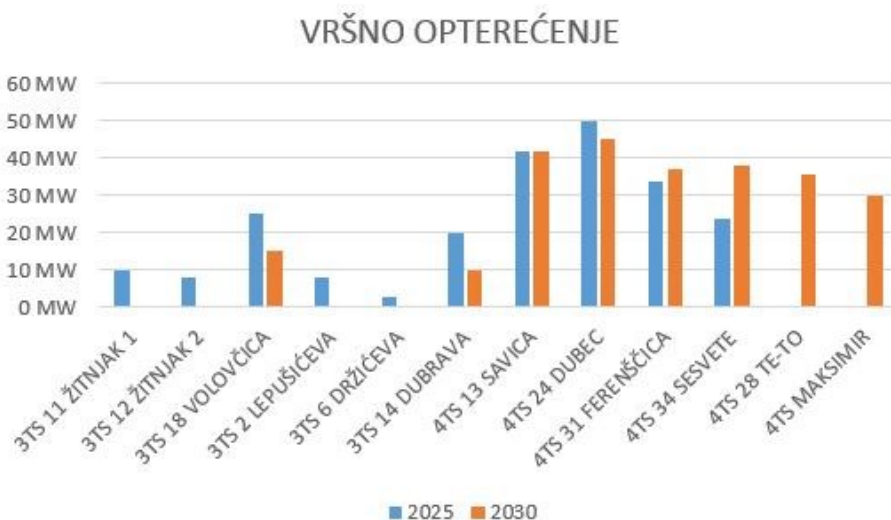


Slika 6. Očekivani porast opterećenja u postojećim 110/x kV

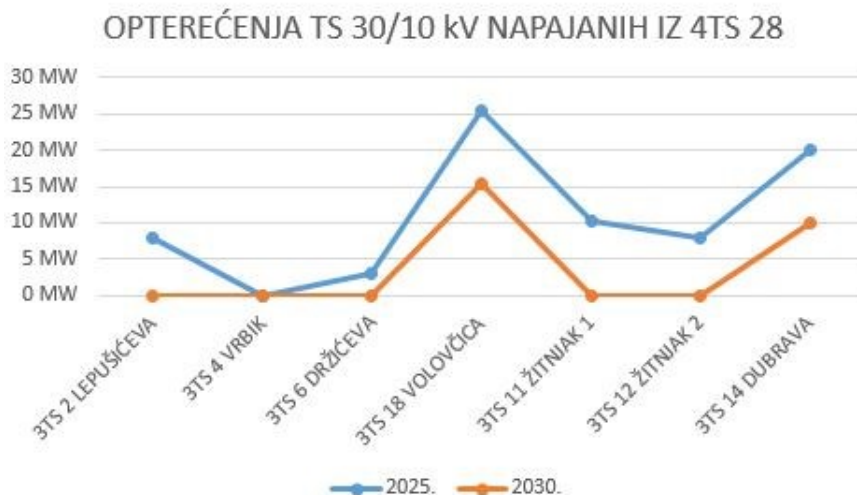
Prema danim podacima može se zaključiti kako je u određenim TS 110/x kV i TS 30/10 kV već sada narušen kriterij n-1, dok će u razdoblju kroz 10 godina isti biti narušen u većini TS što narušava sigurnu i pouzdanu isporuku električne energije krajnjim potrošačima. U tim slučajevima ukoliko dođe do ispada jednog transformatora, drugi transformator koji bi preuzeo cijeli konzum bio bi preopterećen čak i preko 20% nazivne snage. Svakako treba naglasiti kako se radi o TS 30/10 kV koje su starije od 40 godina i u koje nije ulagano duže vrijeme s obzirom na usvojenu koncepciju prelaska na dvonaponsku razinu te kako je oprema u TS zastarjela i nije pouzdana za dodatna preopterećenja na duža vremenska razdoblja.

### 3.2. Vršna opterećenja uz izgradnju novih pojnih točaka

Uvažavanjem koncepcije prelaska na 20 kV razinu u gradu Zagrebu došlo je do novih planiranih zahvata u elektroenergetskoj mreži. Postojeća elektroenergetska mreža se sastoji od 30/10 kV transformatorskih stanica koje se zbog uvažene koncepcije i starosti planiraju ukinuti. Puštanjem u pogon 4TS 31 FERENŠČICA i 4TS 34 SESVETE te izgradnjom novoplaniranih 4TS 110/10(20) kV MAKSIMIR, 4TS 110/10(20) kV CVJETNO i uvođenjem zamjenske transformacije 110/10(20) kV u 4TS 28 TE-TO, omogućuje se rasterećenje postojećih TS 30/10 kV kao i nekih TS 110/10(20) kV. Na grafičkim prikazima na slikama 7 i 8 prikazana su prognozirana opterećenja za TS 110/x kV i TS 30/10 kV za petogodišnja razdoblja uz prisustvo novih transformatorskih stanica i rasplet 4TS 31 FERENŠČICE.



Slika 7. Opterećenja TS 110/10(20) kV i TS 30/10 kV nakon izgradnje novih pojnih točaka (MW) za 2025. i 2030.



Slika 8. Opterećenja TS 30/10 kV napajanih iz 4TS 28 TE-TO nakon izgradnje novih objekata (MW)

S obzirom na petogodišnja razdoblja koja su prikazana u prethodnim tablicama može se zaključiti kako će se uvođenjem novih 110/20 kV pojnih točaka, kao i rekonstrukcijom postojećih, omogućiti rasterećenje postojeće 30 kV mreže u gradu Zagrebu. Za prelazak na 20 kV naponsku razinu i rasterećenje postojećih pojnih točaka treba uzeti u obzir mogućnost i vremenski rok prelaska postojeće 10 kV elektroenergetske mreže, što nam govori kako prelazak nije jednostavan zadatak te se radi o dugotrajnom procesu.

#### 4. REKONSTRUKCIJA POJNE TOČKE TS 110/30 kV TE-TO

Analizom je u prethodnim poglavljima utvrđeno kako se elektroenergetska mreža razvija te kako se u budućnosti mogu očekivati preopterećenja na pojedinim pojnim točkama i narušavanje kriterija n-1. Osim toga TS 30/10 kV su stare preko 40 godina što narušava sigurnost opskrbe električnom energijom. Iz tog razloga javlja se potreba za novim pojnim TS 110/10(20) kV kako bi se postupno rasteretile te u konačnici i ukinule TS 30/10 kV. Uvođenjem novih pojnih točaka osigurava se sigurnija i pouzdanija opskrba te se ostvaruje kriterij n-1 smanjenjem opterećenja u pojedinim transformatorskim stanicama.

Prema desetogodišnjem planu razvoja elektroenergetske mreže u gradu Zagrebu očekuje se puštanje u pogon TS 110/10(20) kV CVJETNO i TS 110/10(20) kV MAKSIMIR od kojih će TS 110/10(20) kV CVJETNO preuzeti opterećenje TS 30/10 kV VRBIK i TS 30/10 kV TRNJE. Kako se TS 30/10 kV VRBIK napaja iz 4TS 28 TE-TO, samim preuzimanjem opterećenja na TS 110/10(20) kV CVJETNO, rasteretit će se i 4TS 28 TE-TO.

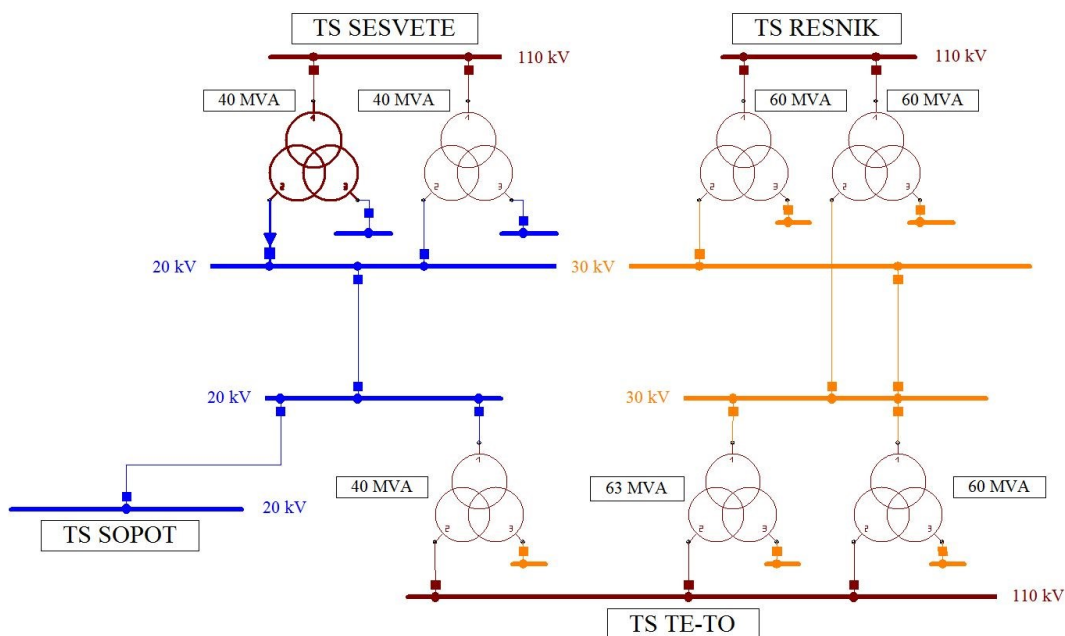
Pojna točka TS 110/10(20) kV MAKSIMIR preuzet će većinu opterećenja TS 30/10 kV VOLOVČICA te djelomično opterećenje TS 30/10 kV DUBRAVA. Kako TS 110/10(20) kV MAKSIMIR i dalje neće uspjeti u cijelosti rasteretiti TS 30/10 kV istočnog dijela grada, određeni dio preuzet će 4TS 31 110/10(20) kV FERENŠČICA što i dalje neće biti dovoljno do kraja promatranog razdoblja. S obzirom na sve navedeno nameće se zamjena transformacije TS 110/30 kV TE-TO novim transformatorom 110/20 kV.



#### 4.1. Ugradnja jednog 110/20 kV transformatora u 4TS 28 TE-TO s rezervom iz TS 110/20 kV SESVETE

Prijedlog optimalnog rješenja rasterećenja opterećenja TS 30/10 kV istočnog dijela grada Zagreba, kao i održavanje kriterija n-1 uz sigurnu opskrbu električnom energijom, je zamjena jednog postojećeg transformatora s novim 110/20 kV transformatorom nazivne snage 40 MVA u 4TS 28 TE-TO. Kako su transformatori stariji od 40 godina ekonomski je opravdano ulaganje u zamjenu s novima. Budući da se u 4TS 28 TE-TO nalaze tri transformatora naponske razine 110/30 kV, uvođenjem novog 110/20 kV transformatora nazivne snage 40 MVA potrebno je osigurati pričuvno napajanje, odnosno osigurati kriterij n-1, što je u ovom slučaju privremeno moguće iz 4TS 34 SESVETE. Za to je potrebno položiti barem tri povezna 20 kV kabela od 4TS 28 TE-TO do 4TS 34 SESVETE. Osim mogućnosti napajanja iz 4TS 34 SESVETE, postoji mogućnost polaganja do 10 srednjonaponskih kabela prema 4TS 29 SOPOT za izgradnju povezne mreže SOPOT – TE-TO (slika 10).

Ovo rješenje nije idealno s obzirom da se za izvedbu povezne mreže između dvije pojne točke trebaju položiti srednjonaponski kabele određene duljine (cca 12 km) što stvara dodatnu investiciju. Također, kako bi novi transformator preuzeo dio konzuma, srednjonaponski kabele i oprema u 10(20)/0,4 kV transformatorskim stanicama treba biti spremna za prelazak na 20 kV naponsku razinu što je upitno u kojem je roku izvedivo.

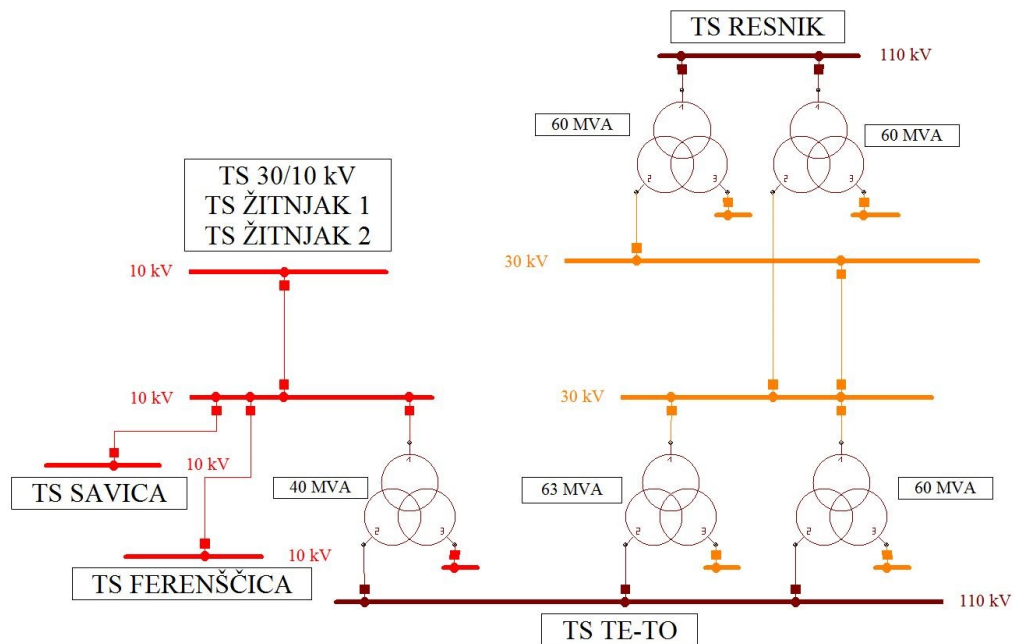


Slika 10. Ugrađen jedan 110/20 kV transformator s rezervom iz TS 110/20 kV SESVETE

#### 4.2. Ugradnja jednog 110/10(20) kV transformatora u 4TS 28 TE-TO s rezervom iz TS 30/10 kV ŽITNJAK 1 i ŽITNJAK 2

Drugi slučaj predstavlja ugradnju zamjenskog transformatora 110/10(20) kV nazivne snage 40 MVA koji bi u prvoj etapi radio kao transformator 110/10 kV. S obzirom da u ovom slučaju u 4TS 28 TE-TO nema mogućnosti rezerve, u slučaju ispada transformatora rezerva bi se osigurala iz TS 30/10 kV Žitnjak 1 i Žitnjak 2. Kao dodatna povezanost i mogućnost rezervnog napajanja može se ostvariti iz postojećih 110/10(20) kV transformatorskih stanica 4TS 13 SAVICA i 4TS 31 FERENŠČICA (slika 11).

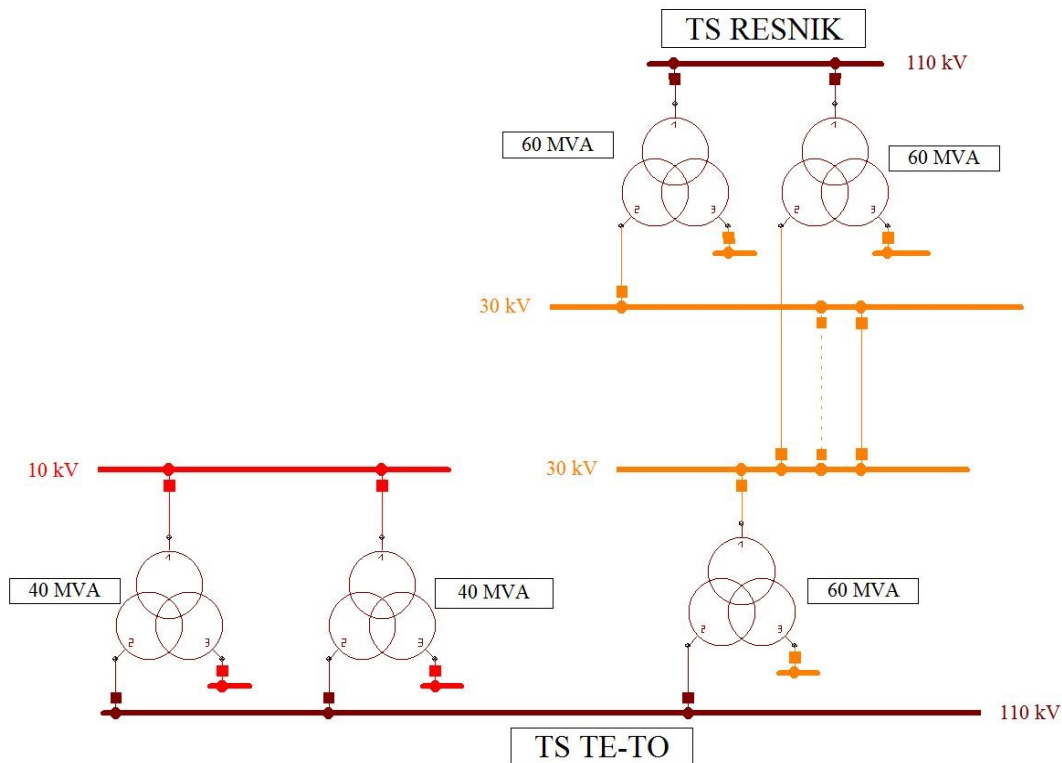
Nedostatak ovog rješenja je što bi TS 30/10 kV morale ostati u pogonu sve dok se ne ugradi drugi zamjenski transformator 110/10(20) kV u 4TS 28 TE-TO. Samim time se usporava rasplet koncepcije prelaska na 20 kV razinu i ukidanje 30 kV naponske razine u gradu Zagrebu. Isto tako postojeće 30/10 kV TS su transformatorske stanice s dotrajalom opremom pa odgađanje njihovog ukidanja može uzrokovati razne kvarove i ispade što vodi do nesigurne i nepouzdanе opskrbe električnom energijom velikog broja potrošača.



Slika 11. Ugrađen jedan 110/10(20) kV transformator s rezervom iz TS 30/10 kV ŽITNJAK 1 i ŽITNJAK 2

#### 4.3. Ugradnja dva 110/10(20) kV transformatora s rezervom za transformator 110/30 kV iz TS 110/30 RESNIK

Treća opcija koja je ujedno i konačno rješenje prelaska na 20 kV razinu je ugradnja dva transformatora 110/10(20) kV u 4TS 28 110/30 kV TE-TO. Budući da je za prelazak na 20 kV razinu potrebno pripremiti svu opremu i srednjonaponske kabele u svim 10/0,4 kV transformatorskim stanicama, transformatori bi u prvoj fazi radili kao transformatori 110/10 kV. U ovom slučaju bio bi osiguran kriterij n-1 u samoj 4TS 28 TE-TO zbog čega bi se TS 30/10 kV ŽITNJAK 1 i ŽITNJAK 2 mogle staviti izvan pogona. S time bi se poboljšale naponske prilike te opterećenja u istočnom dijelu grada Zagreba. Što se tiče preostalog 110/30 kV transformatora i pripadnog opterećenja, osigurala bi mu se rezerva preko postojećih 30 kV kabela iz 4TS 30 RESNIK uz mogućnost polaganja dodatnih SN kabela po potrebi (Slika 12.).



Slika 12. Ugrađena dva transformatora 110/10(20) kV s rezervom za transformator 110/30 kV iz 4TS 30 110/30 kV RESNIK

## 5. ZAKLJUČAK

Elektroenergetsku mrežu grada Zagreba čine 30 kV i 110 kV pojne točke koje napajaju veliki broj potrošača. Kako bi se uvela što pouzdanija i kvalitetnija opskrba električnom energijom, usvojena je koncepcija ukidanja 30 kV naponske razine te uvođenje direktne transformacija 110/20 kV. Uvođenjem direktne transformacije smanjili bi se padovi napona te bi se izbjegla višestruka transformacija naponskih razina i poboljšali distribucijski i opskrbljujući uvjeti u srednjonaponskoj mreži.

Kao jedna od glavnih pojmih točaka distribucijske mreže grada Zagreba je 4TS 28 110/30 kV TE-TO u kojemu je ugrađena transformacija 110/30 kV, snaga 63, 40 i 60 MVA. Ovo postrojenje predstavlja ključnu pojnu točku istočnog dijela grada Zagreba uz TS 110/30 Resnik. Prosječno vršno opterećenje 4TS 28 110/30 kV TE-TO u posljednjih 5 godina je oko 60 MW što je svrstava u jednu od najopterećenijih transformatorskih stanica 110/x kV u HEP-ovoj mreži. Za navedeni prelazak na 20 kV razinu podrazumijeva se izgradnja novih pojmih stanica 110/20 kV odnosno pretvorba postojećih TS 110/30 kV u TS 110/20 kV s čime se stvaraju uvjeti za ukidanje napona 30 kV u pojedinim transformacijskim stanicama pa tako i u TS 110/30 kV TE-TO.

S obzirom da prema desetogodišnjim procjenama opterećenje raste s tendencijom od 1,5% te se javlja sve veći broj potrošača s velikim priključnim snagama, sve je veća i potreba za 110/20 kV pojnim točkama te je potreba za rekonstrukcijom 4TS 28 TE-TO i ukidanjem 30 kV mreže opravdana. Za navedeni prelazak na 20 kV razinu uzete su u obzir tri opcije koje omogućavaju rasterećenje 4TS 28 kao i okolnih 30/10 kV transformatorskih stanica. U prvoj fazi 4TS 28 bi radila pod 10 kV naponom sve dok se ne bi kompletna oprema istočnog dijela grada Zagreba pripremila za prelazak na 20 kV. U tom slučaju postojala bi mogućnost zadržavanja određenih 30/10 kV transformatorskih stanica sve do prelaska na 20 kV. U svakom slučaju potrebno je osigurati n-1 kriterij kako bi bila osigurana pouzdana opskrba električnom energijom.

Do kraja 2030. godine planirano je pustiti u pogon nove 110/10(20) kV transformatorske stanice CVJETNO i MAKSIMIR uz rekonstrukciju TE-TO-a što će uvelike utjecati na smanjivanje opterećenja u postojećim transformatorskim stanicama te će se otvoriti mogućnost ukidanja postojeće 30 kV mreže. Prema tome može se zaključiti kako je idući korak u planiranju razvoja srednjonaponske elektroenergetske mreže u pripremi postojećih 10 kV transformatorskih stanica kao i 10 kV srednjonaponskih kabela u istočnom dijelu grada Zagreba za prelazak na 20 kV naponsku razinu uz razradu raspleta elektroenergetske mreže iz budućih pojmih točaka.

## 6. LITERATURA

- [1] INSTITUT ZA ELEKTROPRIVREDU I ENERGETIKU d.d., „RAZVOJ DISTRIBUCIJSKE MREŽE ELEKTRE ZAGREB NA UŽEM PODRUČJU GRADA ZAGREBA ZA RAZDOBLJE NAREDNIH 20 GODINA“, lipanj 2016., Zagreb.
- [2] Velimir Ravlić, dip.ing.el., Ante Ravlić, mag.ing.el., Josip Kozić, bacc.ing.el., „Analiza područja napajanja 10(20) kV mreže iz 4TS TE-TO“, veljača 2020., Zagreb