

Tea Samac
HEP ODS
tea.samac@hep.hr

Davor Jelenčić
HEP ODS
davor.jelencic@hep.hr

Matija Felber
HEP ODS
matija.felber@hep.hr

Mladen Vuksanić
HEP ODS
mladen.vuksanic@hep.hr

Anđelko Tunjić
HEP ODS
andelko.tunjic@hep.hr

OPTIMIZACIJA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA KROZ ZAMJENU TRANSFORMATORA: PROJEKT POVEĆANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

SAŽETAK

Novi projekt proširuje Pilot projekt naprednih mreža na preostala područja i veće transformatorske jedinice, s ciljem povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja tehničkih gubitaka. Planira se zamjena 1.000 zastarjelih transformatora naponskih razina 110/x kV, 35/x kV i 10/0,4 kV.

Projekt će se sufinancirati iz EU fondova, čime se smanjuju troškovi zamjene i gubitaka. Osim financijskih ušteda, donosi ekološke i ekonomske koristi poput smanjenja emisija CO₂ i povećanja pouzdanosti napajanja.

Realizacija je planirana do 2030. uz suradnju unutar HEP Grupe, a sve koristi bit će analizirane u studiji izvodljivosti.

Ključne riječi: energetska učinkovitost; modernizacija distribucijskog sustava; zamjena transformatora

OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION SYSTEM THROUGH TRANSFORMER REPLACEMENT: ENERGY EFFICIENCY ENHANCEMENT PROJECT

SUMMARY

The new project expands the Pilot Project of Advanced Networks to remaining areas and larger transformer units, aiming to increase energy efficiency and reduce technical losses. The plan includes replacing 1,000 outdated transformers at voltage levels of 110/x kV, 35/x kV, and 10/0.4 kV.

The project will be co-financed by EU funds, reducing replacement costs and energy losses. In addition to financial savings, it brings environmental and economic benefits, such as reducing CO₂ emissions and increasing supply reliability.

Implementation is planned by 2030 in cooperation within the HEP Group, and all benefits will be analyzed in a feasibility study.

Keywords: energy efficiency; modernization of the distribution system; transformer replacement

1. UVOD

Elektroenergetski sustav Hrvatske prolazi kroz proces modernizacije s ciljem povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja tehničkih gubitaka u distribucijskoj mreži. U tom kontekstu, jedan od ključnih izazova predstavlja potreba za zamjenom zastarjelih transformatora, koji su odgovorni za značajan dio gubitaka u prijenosu električne energije. Transformatori koji su dulje vrijeme u uporabi često imaju povećane gubitke uslijed zastarjele tehnologije, smanjene učinkovitosti i većih operativnih troškova održavanja.

Nakon uspješne realizacije Pilot projekta naprednih mreža, u kojem je zamijenjeno 449 SN/NN transformatora u pet distribucijskih područja, postignuti rezultati pokazali su značajno smanjenje tehničkih gubitaka i poboljšanje pouzdanosti elektroenergetske mreže. Na temelju tih rezultata, planirano je proširenje aktivnosti na preostala distribucijska područja, uz uključivanje većih transformatora na naponskim razinama 110/x kV, 35/x kV i 10/0,4 kV.

Ovaj referat detaljno razrađuje ciljeve, metodologiju i plan implementacije novog projekta zamjene transformatora, kao i financijsku analizu i očekivane benefite. Predstavlja se analiza trenutnog stanja distribucijskog sustava te broj transformatora koji su predviđeni za zamjenu. U konačnici, prikazuju se ključni ekonomski i ekološki benefiti, koji projekt čine ne samo tehnički nužnim, već i financijski isplativim te održivim u kontekstu smanjenja emisija CO₂ i povećanja energetske sigurnosti.

2. DOSADAŠNJE AKTIVNOSTI I POSTIGNUĆA

HEP ODS je u razdoblju od 2018. do 2022. proveo „Pilot projekt naprednih mreža“, koji je obuhvaćao tri ključna segmenta:

- Naprednu mjernu infrastrukturu,
- Razvoj i optimizaciju konvencionalne mreže,
- Automatizaciju srednjonaponske mreže.

Jedan od najvažnijih rezultata za nadolazeći projekt bila je zamjena 449 zastarjelih SN/NN transformatora, čime su smanjeni tehnički gubici te povećana pouzdanost sustava u pet od 21 distribucijskih područja (Elektri Zagreb, Elektroslavoniji Osijek, Elektrodalmaciji Split, Elektri Zadar i Elektrojugu Dubrovnik). Ovaj pilot projekt pokazao je jasne benefite modernizacije, te je poslužio kao temelj za širu implementaciju optimizacije distribucijskog sustava.

Postizanjem mjerljivih rezultata u distribucijska područja iz pilot projekta se uvela mjera Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže u sklopu koncepta naprednih mreža, što je doprinijelo povećanju učinkovitosti distribucije električne energije kroz:

- smanjenje tehničkih gubitaka distribucijske mreže Po (gubici neovisni o opterećenju) u iznosu približno 3.500 MWh,
- dodatne uštede Pcu (smanjenje gubitaka ovisnih o opterećenju) se procijenjuju na razini od 500 do 1000 MWh što se provjerilo praćenjem potrošnje u 2024. godini.

2.1. Cilj i obuhvat „Pilot projekta napredne mreže“

Cilj mjere „Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže“ bio je povećanje učinkovitosti distribucije električnom energijom, u pogledu smanjenja tehničkih gubitaka, konkretno gubitaka u energetske transformatorima SN/NN.

Primjena transformatora sa smanjenom razinom tehničkih gubitaka od posebnog je značaja za povećanje učinkovitosti distribucije električne energije, budući da su distribucijski transformatori odgovorni za nastanak oko trećine tehničkih gubitaka u EES-u, a fiksnim i varijabilnim tehničkim gubicima distribucijske mreže HEP ODS-a uvelike doprinosi velik broj TS SN/NN starijih od 30 godina.

Zamjena postojećih transformatora s transformatorima sa smanjenom razinom teretnih gubitaka i gubitaka praznog hoda doprinijela je ispunjenju cilja povećanje učinkovitosti distribucije električnom energijom, u pogledu smanjenja tehničkih gubitaka.

Primjena navedenog tehničkog rješenja je, osim doprinosa ispunjenju cilja projekta, rezultirala sljedećim financijskim koristima:

- smanjenju troška buduće zamjene postojećih transformatora, odnosno troškova buduće nabave i ugradnje transformatora,

- smanjenju troška buduće modernizacije transformatorskih stanica pri njihovom uključivanju u naprednu mrežu (kod njenog daljnjeg razvoja),
- smanjenju troškova za pokriće gubitaka.

Prema Studiji izvodljivosti Pilot projekta uvođenja naprednih mreža iz svibnja 2016. planirana je zamjena:

- 57 transformatora snage 250 kVA,
- 212 transformatora snage 400 kVA,
- 80 transformatora snage 500 kVA i
- 100 transformatora snage 630 kVA.

Predviđena je prvenstveno zamjena transformatora proizvedenih prije 1975. godine. Svi transformatori, osim onih snage 500 kVA, mijenjali su se novima jednake snage. S obzirom na to da se transformatori snage 500 kVA više ne ugrađuju u distribucijsku mrežu i da je relativno opterećenje transformatora u DP-ima nisko (prosječno ispod 30%, podatak iz Studije izvodljivosti Pilot projekta), navedeni transformatori zamijenjeni su sa 60 transformatora snage 400 kVA i 20 snage 630 kVA. Transformatori snage 500 kVA, njih 60 zamijenjeni su u Elektri Zagreb, a 20 u Elektrodalmaciji Split.

Raspodjela transformatora po distribucijskim područjima i nazivnoj snazi iskazana je u Tablici 1.

Tablica 1 Raspodjela transformatora po distribucijskim područjima i nazivnoj snazi

	250 kVA	400 kVA	630 kVA	Ukupno
Elektra Zagreb (4001)	14	181	53	248
Elektroslavonija Osijek (4008)	23	54	44	121
Elektrodalmacija Split (4013)	13	26	10	49
Elektra Zadar (4014)	3	4	8	15
Elektrojug Dubrovnik (4016)	4	7	5	16
UKUPNO	57	272	120	449

Provedba projekta obuhvaćala je:

- Nabavu energetski učinkovitih transformatora (troškovi su se potraživali u sklopu Projekta);
- Zamjenu postojećih transformatora SN/NN energetski učinkovitim (troškovi demontaže i montaže, troškovi pripreme, transportni troškovi kod zamjene ...) - troškovi se nisu potraživali u sklopu Projekta);
- Stručni nadzor (kontrola kvalitete) prilikom ugradnje energetski učinkovitih transformatora (vlastiti resursi, troškovi se nisu potraživali u sklopu Projekta).

Ukupni troškovi mjere procijenjeni su na iznos 28.625.825,00 kn (cca 3,8 mil. EUR). Iz EU sredstava financirala se u dijelu (85%) nabava transformatora dok za ostale troškove i dio za nabavu transformatora sredstva je osigurao HEP ODS.

3. CILJEVI I OBUHVAT PROJEKTA ZAMJENE TRANSFORMATORA

3.1. Cilj Projekta zamjene transformatora

Projekt zamjene transformatora temelji se na više strateških ciljeva koji su usmjereni na povećanje energetske učinkovitosti i dugoročnu održivost distribucijskog sustava.

Smanjenje tehničkih gubitaka

Jedan od glavnih ciljeva projekta bit će smanjenje tehničkih gubitaka u distribucijskoj mreži. Zamjenom starijih, manje učinkovitih transformatora novim modelima s nižim gubicima, postići će se značajna ušteda električne energije. Tehnički gubici u mreži direktno utječu na troškove poslovanja i krajnju cijenu električne energije, stoga će njihova redukcija biti ključan prioritet.

Povećanje energetske učinkovitosti

Upotrebom modernih transformatora sa smanjenim gubicima omogućit će se optimalnija potrošnja energije u distribucijskom sustavu. Novi transformatori bit će dizajnirani s poboljšanom tehnologijom hlađenja, kvalitetnijim materijalima i optimiziranim radnim parametrima, čime će se osigurati veća pouzdanost i dugovječnost sustava.

Smanjenje emisija CO₂ i ekološka održivost

Budući da smanjenje tehničkih gubitaka znači i manju potrebu za proizvodnjom električne energije, projekt će doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova, posebice CO₂. Energetski učinkoviti transformatori omogućit će održiviji razvoj elektroenergetskog sektora u skladu s ekološkim normama i politikama EU.

Povećanje pouzdanosti napajanja

Transformatori starijeg datuma proizvodnje predstavljaju pogonski rizik i mogu uzrokovati zastoje u mreži, što može rezultirati prekidima napajanja za krajnje korisnike. Modernizacija transformatora smanjit će broj kvarova i osigurati stabilniji prijenos električne energije, čime će se poboljšati kvaliteta usluge za potrošače, osobito u industrijskim i osjetljivim sektorima.

Smanjenje operativnih troškova

Jedan od važnih ciljeva projekta bit će i smanjenje troškova održavanja i servisiranja starijih transformatora, koji često zahtijevaju visoka ulaganja zbog učestalih kvarova i povećane potrošnje energije. Zamjenom zastarjele opreme dugoročno će se smanjiti operativni troškovi te osigurati veća financijska učinkovitost distribucijskog sustava.

3.2. Obuhvat Projekta zamjene transformatora

2024. godine napravljena je analiza starosti transformatora u posjedu HEP ODS-a te je ta analiza prikazala sljedeće rezultate (Tablice 2-4).

Tablica 2 Broj transformatora 10(20)/0,4 kV starijih od 50 godina i ostalih

Snaga TR SN/N (kVA)	>50 god	Ukupan broj TR (2024.)
50	690	4.250
100	452	5.426
160	239	3.265
250	344	3.948
400	284	3.714
630	380	6.123
1000	49	2.213
UKUPNO	2.438	28.939

Tablica 3 Broj transformatora 35/x kV starijih od 45 godina i ostalih

Snaga TR SN/N (kVA)	>45 god	Ukupan broj TR (2024.)
2.500	39	57
4.000	82	181
8.000	72	350
16.000	17	62
UKUPNO	210	650

Tablica 4 Broj transformatora 110/x kV starijih od 45 godina i ostalih

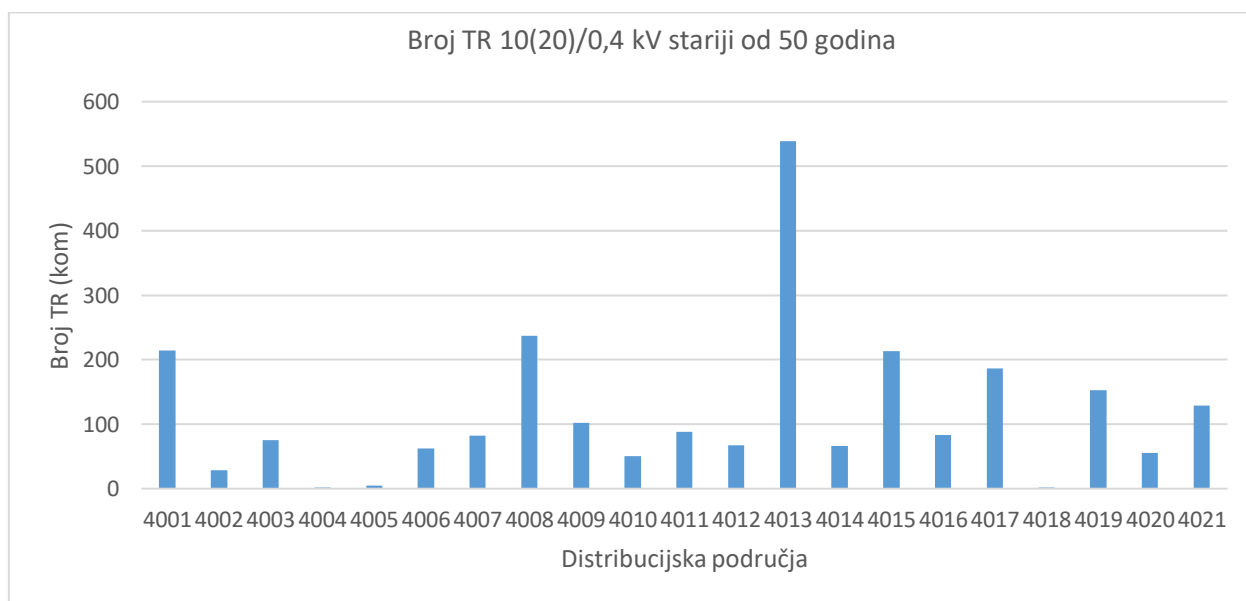
Snaga TR SN/N (kVA)	>45 god	Ukupan broj TR (2024.)
20.000	9	82
40.000	3	69
UKUPNO	12	151

3.2.1. Zamjena transformatora 10(20)/0,4 kV

Prema analizi iz 2024. godine (Tablica 2) u kategoriji za zamjenu (stariji od 50 godina) je 2.438 transformatora što daleko premašuje brojku od planiranih 1.000 jedinica za zamjenu. Iz tog razloga će se promatrati transformatori snage 250, 400, 630 i 1.000 kVA čiji je zbroj 1.058 jedinica. Daljnji kriteriji koji će se primjenjivati su:

- Utjecaj ostalih planiranih ulaganja (prvenstveno u sklopu prelaska na 20 kV),
- Broj jedinica po distribucijskom području,
- Kriterij potrošnje električne energije.

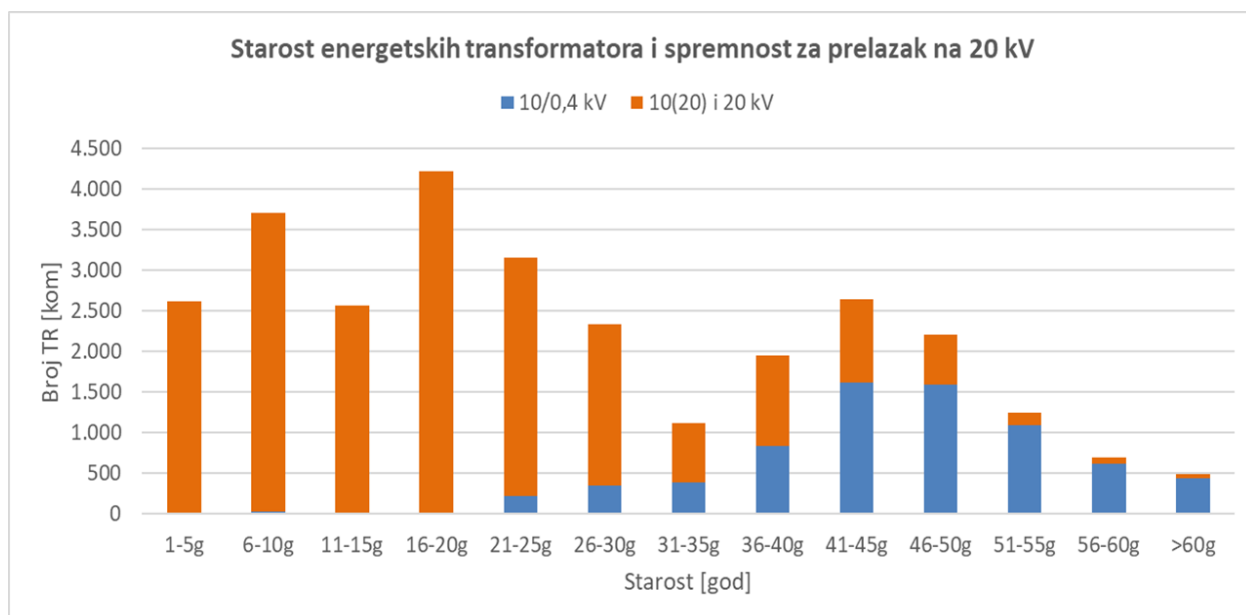
Slika 1 prikazuje lokaciju transformatora nazivnog napona 10(20)/0,4 kV koji su stariji od 50 godina te time ispunjavaju kriterij starosti za zamjenu. Graf je napravljen na temelju podataka iz Tablice 2. Na temelju Slike 1 vidljivo je kako DP Elektrodalmacija Split (4013) prednjači u broju transformatora za zamjenu u ovoj kategoriji pa se da zaključiti kako će veliki fokus biti upravo u tom distribucijskom području bez obzira na ostale kriterije.



Slika 1 Razdioba transformatora 10(20)/0,4 kV za zamjenu po DP-ima

Kriterij koji će uvelike pomoći pri odabiru transformatora za zamjenu je i plan prelaska na 20 kV. Na Slici 2 vidljivo je kako je kriterij starosti transformatora direktno povezan sa spremnosti prelaska napona distribucijske mreže na 20 kV. Drugim riječima, transformatori u starosnoj kategoriji preko 50 godina su

uglavnom nazivnog napona 10/0,4 kV te je ključna njihova zamjena za ostvarenje strateškog cilja HEP ODS-a a to je napuštanje 10 kV napona i prelazak na 20 kV.



Slika 2 Starost transformatora i spremnost prelaska mreže na 20 kV

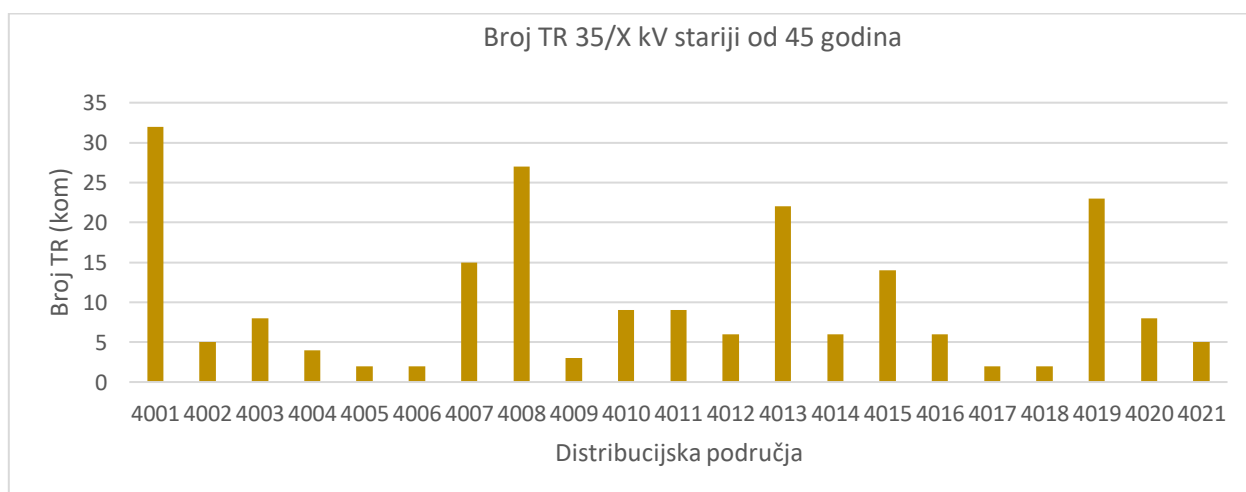
Procjena je da bi zamjena 1.058 transformatora iznosila 22.969.800 EUR.

3.2.2. Zamjena transformatora 35/x kV

Iz Tablice 3 je vidljivo kako je starosni kriterij za zamjenu transformatora 35/x kV da su jedinice starije od 45 godina kojih je 210. Također će se i u ovoj kategoriji uzeti i drugi kriteriji u obzir pri odabiru transformatora za zamjenu:

- Zamjena jednog transformatora po transformatorskoj stanici,
- Perspektiva transformatora (stanice) s obzirom na napuštanje 35 kV razine,
- Broj jedinica po distribucijskom području,
- Utjecaj ostalih planiranih ulaganja.

Slika 3 prikazuje lokaciju transformatora nazivnog napona 35/x kV. Vidljivo je kako je najveći broj transformatora za zamjenu na području Elektre Zagreb, Elektroslavonije Osijek, Elektrodalmacije Split i Elektrolike Gospić.



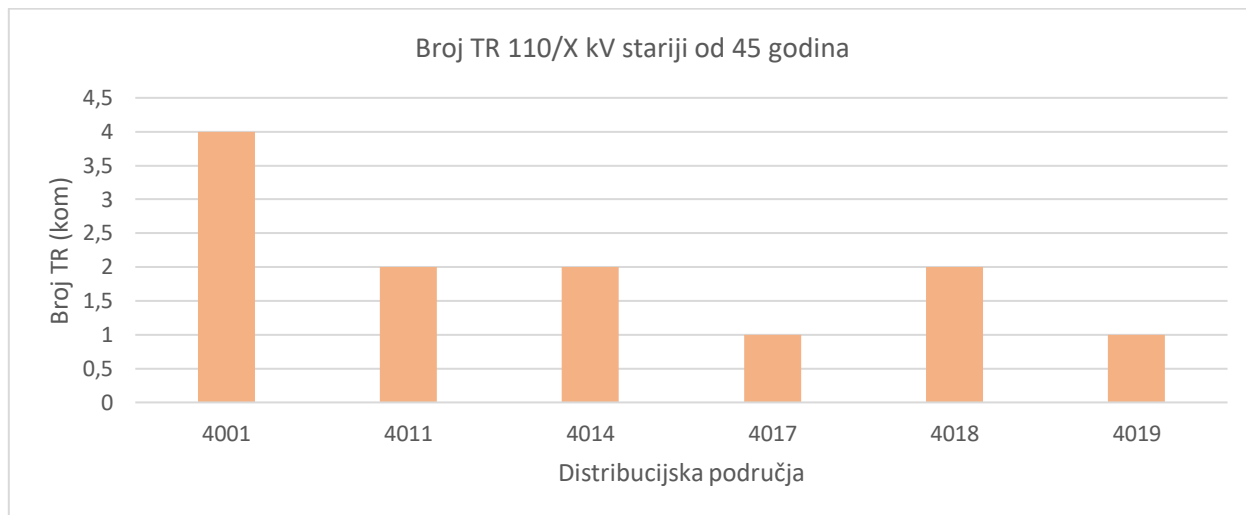
Slika 3 Razdioba transformatora 35/x kV za zamjenu po DP-ima

Kod zamjene transformatora 35/x kV ključnu ulogu će imati kriterij strateškog plana prelaska na 20 kV i napuštanja naponske razine 35 kV koji će direktno ili indirektno iznjedrati nove kriterije za odabir jedinica

za zamjenu. Ukoliko se rigorozno pristupi kriterijima, broj transformatora za zamjenu bi se smanjio za približno 70%, tj. broj transformatora bio bi bliži 50. Naravno, projekt još nije detaljno definiran te je svaki broj u ovom radu podložan promjenama kako izrada plana bude u tijeku.

Financijska procjena za zamjenu 210 jedinica u ovoj kategoriji je 41.550.000 EUR.

3.2.3. Zamjena transformatora 110/x kV



Slika 4 Razdioba transformatora 110/x kV za zamjenu po DP-ima

Slika 4 prikazuje razdiobu transformatora prijenosnog omjera 110/x kV starijih od 45 godina. Najveći broj (njih 4) je na području Elektre Zagreb te se takvi transformatori, za razliku od prethodnih kategorija, ne nalaze na području cijele Hrvatske. U ovom slučaju najbitniji kriterij će biti već planirana kapitalna ulaganja u rekonstrukcije trafostanica 110/x kV. Ukupno je na popisu 12 transformatora za zamjenu te je predviđeni trošak zamjene 12.750.000 EUR.

3.2.4. Financijski okvir

Na temelju već navedenih predviđanja troškova za zamjenu transformatora u svakoj kategoriji – ukupni trošak je predviđen na 77.269.800 EUR od čega je cilj 80% troškova financirati iz EU fondova, a ostatak bi HEP ODS financirao iz vlastitih sredstava.

4. ORGANIZACIJA PROJEKTA

Projekt zamjene transformatora u okviru optimizacije distribucijskog sustava provodit će se kroz koordinirani rad različitih sektora i službi unutar HEP ODS-a. Projektni tim sastojat će se od stručnjaka iz Sektora za upravljanje imovinom, Sektora za nabavu, Sektora za ekonomske poslove, distribucijskih područja, Službe za upravljanje projektima i Službe za odnose s korisnicima. Organizacija projektnog tima temelji se na podjeli zadataka po funkcionalnim područjima, a uspostaviti će se i krovni koordinacijski tim koji će upravljati provedbom projekta i osiguravati usklađenost s planiranim ciljevima.

4.1. Struktura projektnog tima

Projektni tim bit će podijeljen u nekoliko podtimova specijaliziranih za različite aspekte projekta:

- Krovni koordinacijski tim za strateško upravljanje projektom i usklađivanje aktivnosti unutar HEP ODS-a,
- Podtim za zamjenu i optimizaciju transformatora, koji će osigurati pravovremenu i kvalitetnu zamjenu zastarjele opreme.

Glavni zadaci krovnog koordinacijskog tima uključivat će:

- Definiranje opsega, lokacija i dinamike ugradnje transformatora,
- Izradu tehničkih specifikacija opreme i metodologije ugradnje,

- Planiranje razvoja distribucijskog sustava i usklađivanje s dugoročnim ciljevima HEP ODS-a,
- Koordinaciju s nadzornim tijelima unutar HEP Grupe,
- Redovito ažuriranje investicijskih planova i strategija razvoja.

4.2. Uloga podtimova

Podtimovi će biti zaduženi za operativnu provedbu projekta, uključujući:

- Pripremu i provedbu nabave novih transformatora i pripadajuće opreme,
- Izradu tehničke dokumentacije i nadzor nad radovima ugradnje opreme,
- Testiranje i puštanje u rad novih transformatora,
- Koordinaciju sa stručnim timovima u distribucijskim područjima radi prilagodbe specifičnostima lokalnih mreža.

Svako distribucijsko područje imat će lokalne koordinate i podtimove, čija će zadaća biti:

- Nadzor i koordinacija projekata u okviru svoje mreže,
- Potvrđivanje konačnog opsega, lokacija i dinamike zamjene transformatora,
- Definiranje tehničkih zahtjeva za opremu i ugradnju,
- Izrada dokumentacije i provođenje nadzora nad instalacijom transformatora,
- Prilagodba lokalnih razvojnih planova u skladu s implementacijom projekta,
- Praćenje financijskih pokazatelja povezanih s realizacijom projekta.

5. PROMIDŽBA I VIDLJIVOST PROJEKTA

S obzirom na značaj projekta, njegovu vrijednost i duljinu trajanja, kvalitetna promidžba i komunikacija ključni su za osiguravanje podrške dionika i šire javnosti. Cilj promidžbe bit će informiranje svih zainteresiranih strana o strateškim ciljevima, tijeku implementacije i ostvarenim rezultatima projekta.

5.1. Komunikacijska strategija

Komunikacijska strategija projekta definirat će smjernice za javno predstavljanje projekta, uključujući:

- Podizanje razine svijesti i vidljivosti projekta putem medijskih kanala,
- Prezentaciju rezultata projekta kroz izvještaje, konferencije i stručne skupove,
- Uključivanje dionika i javnosti u diskusiju o benefitima projekta,
- Transparentno informiranje o financiranju i načinu korištenja EU/RH sredstava,
- Promociju aktivnosti projekta u skladu s EU i nacionalnim standardima informiranja.

Trenutno su glavni ciljevi komunikacije usmjereni na:

- Povećanje uključenosti dionika u provedbu projekta i osvještavanje o njegovoj važnosti,
- Osiguravanje razumijevanja strateškog značaja projekta od strane ključnih ciljnih skupina,
- Povećanje vidljivosti projekta kroz digitalne i tradicionalne komunikacijske kanale.

5.2. Ključne aktivnosti

Promidžbene aktivnosti provodit će se u suradnji sa stručnjacima za komunikaciju, dok će Odjel za informiranje i odnose s korisnicima HEP ODS-a imati ključnu ulogu u pripremi i provedbi promotivnih sadržaja.

Grupa aktivnosti 1: Medijska kampanja

- Izrada komunikacijske strategije i plana vidljivosti projekta,
- Realizacija medijskih objava u tiskanim i digitalnim medijima,
- Promocija projekta na društvenim mrežama i službenim web stranicama HEP ODS-a.

Grupa aktivnosti 2: Edukacija i sudjelovanje javnosti

- Organizacija stručnih konferencija i radionica za dionike projekta,
- Održavanje javnih događanja u distribucijskim područjima uključenima u projekt.

Grupa aktivnosti 3: Vizualni identitet i multimedijalni sadržaj

- Razrada vizualnog identiteta projekta kako bi se osigurala prepoznatljivost,

- Izrada video materijala o ciljevima i rezultatima projekta,
- Proizvodnja promotivnih materijala, uključujući brošure, plakate i informativne letke.

U okviru projekta, HEP ODS će organizirati niz uvodnih i završnih konferencija, na kojima će javnosti biti predstavljeni:

- Ciljevi i obuhvat projekta te utjecaj na distribucijsku mrežu,
- Dinamika zamjene transformatora i očekivani benefiti,
- Stanje realizacije i budući koraci projekta.

Prva radionica još uvijek nije definirana ali zbog blizine bi se održala u Elektri Zagreb, nakon čega bi se aktivnosti preselile u ostala distribucijska područja. Završna konferencija održat će se na kraju implementacije projekta, gdje će biti predstavljeni konkretni rezultati zamjene transformatora i unapređenja distribucijskog sustava.

Ovim projektom HEP ODS nastavlja modernizaciju distribucijske mreže, čime se osigurava sigurnija, učinkovitija i održivija elektroenergetska budućnost.

6. ZAKLJUČAK

Projekt optimizacije distribucijskog sustava kroz zamjenu transformatora predstavlja ključni korak u modernizaciji elektroenergetskog sektora. Zamjena 1.000 zastarjelih transformatora energetski učinkovitijim modelima omogućit će značajno smanjenje tehničkih gubitaka za više tisuća MWh godišnje, povećanje pouzdanosti distribucijske mreže te smanjenje troškova održavanja i eksploatacije sustava.

Provedba projekta donijet će višestruke koristi:

- Tehničke – povećanje pouzdanosti mreže, smanjenje kvarova i optimizacija naponskih razina,
- Ekološke – smanjenje emisija CO₂ za nekoliko tisuća tona godišnje, optimizacija potrošnje energije i smanjenje ukupnog opterećenja sustava,
- Ekonomske – dugoročno smanjenje operativnih troškova, smanjenje troškova za pokriće gubitaka te optimizacija investicija u održavanje.

Uz financijsku potporu EU fondova, projekt će omogućiti modernizaciju distribucijske infrastrukture uz minimalno opterećenje proračuna. Ukupni troškovi zamjene transformatora procjenjuju se na više od 77 milijuna eura, od čega bi se 80% financiralo iz EU sredstava, dok će preostali dio osigurati HEP ODS iz vlastitih izvora. Implementacija će se provoditi do 2030. godine, uz koordiniranu suradnju različitih sektora HEP ODS-a, čime će se osigurati maksimalna učinkovitost provedbe.

Osim tehničke i ekonomske isplativosti, projekt će dugoročno povećati sigurnost i stabilnost elektrodistribucijske mreže, omogućujući bolju i pouzdaniju opskrbu električnom energijom za više od 2 milijuna korisnika u Hrvatskoj. Nadalje, optimizacija rada distribucijske mreže pridonijet će i daljnjem razvoju pametnih mreža, koje će dugoročno omogućiti učinkovitije korištenje obnovljivih izvora energije i smanjenje ukupne potrošnje električne energije.

U konačnici, ovaj projekt pridonosi dugoročnoj održivosti elektroenergetskog sustava, što ga čini jednim od ključnih koraka u ostvarivanju ciljeva energetske učinkovitosti na nacionalnoj i europskoj razini. Realizacija ovog projekta predstavlja strateški važan iskorak prema modernizaciji elektrodistribucijske mreže te značajan doprinos energetske tranziciji Hrvatske.

7. LITERATURA

- [1] Povelja Pilot projekta uvođenja naprednih mreža, HEP ODS, 2017.
- [2] Studija izvodljivosti Pilot projekta uvođenja naprednih mreža, 2016.
- [3] PILOT PROJEKT NAPREDNE MREŽE U HEP ODS-u – PROJEKTNJA AKTIVNOST 2 RAZVOJ I OPTIMIZACIJA KONVENCIONALNIH MREŽA, R. Gulam et al., HRO CIGRE, Šibenik, 2021.
- [4] Kapitalizacija troškova gubitaka energetski učinkovitih transformatora prema normi HRN EN 50708-1-1:2020, R.Čučić i sur., HO CIRED, Trogir, 2023.
- [5] Retrofitting monitoring uređaja na energetskim transformatorima, T Pohovski i sur., HRO CIGRE, Cavtat, 2024.