

Matija Felber
HEP ODS
matija.felber@hep.hr

Mladen Vuksanić
HEP ODS
mladen.vuksanic@hep.hr

Miroslav Pavelić
HEP ODS
miroslav.pavelic@hep.hr

Igor Đurić
HEP ODS
igor.duric@hep.hr

DESET GODINA IZRADE DESETOGODIŠNJEG PLANA RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE HEP ODS – OSVRT NA STANJE I RAZVOJ MREŽE

SAŽETAK

Stupanjem na snagu Zakona o tržištu električne energije 2013. godine, HEP Operator distribucijskog sustava obavezan je izrađivati desetogodišnje planove razvoja mreže i javno ih objaviti uz suglasnost Hrvatske energetske regulatorne agencije. Prvi plan koji se odnosio na razdoblje 2014.–2023. temeljio se na sustavnom planiranju i unaprjeđenju mreže. Rad analizira razvoj mreže kroz pokazatelje: broj i kapacitet transformatorskih stanica i transformatora, duljinu vodova, spremnost sustava za 20 kV, broj mjernih mjesta, potrošnju, gubitke i lokalnu proizvodnju. Zaključno se daje kritički osvrt na ostvarene rezultate i preporuke za buduće planiranje. Ovaj rad pruža uvid u izazove i prilike koji su se pojavili tijekom planiranja i provedbe prvog desetogodišnjeg plana razvoja mreže (2014.–2023.), uz analizu ključnih trendova i pokazatelja.

Ključne riječi: desetogodišnji planovi razvoja, pokazatelji stanja i pogona mreže, ostvareni razvoj mreže

TEN YEARS OF DEVELOPMENT OF THE TEN-YEAR NETWORK DEVELOPMENT PLAN FOR HEP ODS – A REVIEW OF NETWORK STATUS AND DEVELOPMENT

SUMMARY

Since the enactment of the Electricity Market Act in 2013, HEP Distribution System Operator is required to prepare ten-year network development plans approved by Croatian Energy Regulatory Agency. The first plan, covering the period (2014–2023) emphasized systematic planning and continuous network enhancement. This paper examines network development through key indicators, including the number and capacity of substations and transformers, line lengths, system readiness for 20 kV, metering points, consumption patterns, losses, and local production. The analysis provides a critical evaluation of achieved outcomes and offers actionable recommendations for future planning. It offers insights into the challenges and opportunities that emerged during the planning and implementation of the first ten-year network development plan (2014–2023), along with an analysis of key trends and indicators.

Key words: ten-year development plans, network status and operations indicators, achieved network development

1. UVOD

Razvoj elektrodistribucijske mreže Hrvatske ključan je segment osiguravanja stabilne i pouzdane opskrbe električnom energijom za kućanstva, gospodarstvo i industriju. S obzirom na rastuće zahtjeve za energetsom učinkovitošću, integracijom obnovljivih izvora energije i tehnološkim napretkom, kvalitetno i učinkovito planiranje i unapređenje distribucijske mreže postaje od presudne važnosti.

U ožujku 2013. godine, donošenjem Zakona o tržištu električne energije (dalje u tekstu: ZoTEE), HEP Operator distribucijskog sustava (dalje u tekstu: HEP ODS) dobio je obvezu izrade i javne objave desetogodišnjih planova razvoja distribucijske mreže, uz prethodnu suglasnost Hrvatske energetske regulatorne agencije „HERA-e“ [1]. Prvi takav plan izrađen je za razdoblje 2014.–2023. (dalje u tekstu: prvi 10G plan), dok najnoviji ažurirani plan za razdoblje 2024.–2033. (dalje u tekstu: aktualni 10G plan) nastavlja tradiciju sustavnog planiranja i unapređenja mreže [2], [3]. Ovi planovi omogućuju kontinuirano praćenje razvoja distribucijske mreže kroz ključne pokazatelje kao što su broj i kapacitet transformatorskih stanica i transformatora, duljinu vodova, spremnost sustava za 20 kV, broj mjernih mjesta, potrošnju, gubitke i lokalnu proizvodnju.

Jedan od temeljnih dokumenata planiranja razvoja elektroenergetske mreže Hrvatske je „Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine, knjiga 4 Distribucijska mreža“ (dalje u tekstu: Master plan), koji je izradio Energetski institut Hrvoje Požar [4]. Ovaj dokument pruža pregled i analizu stanja distribucijske mreže na dan 1. siječnja 1997. godine te viziju razvoja elektroenergetskog sustava do 2030. godine. U razdoblju pripreme i izrade prvih desetogodišnjih planova Master plan je bio podloga i referenca za kritičko promišljanje o postignućima, izazovima i budućim potrebama elektrodistribucijskog sustava Hrvatske.

Cilj ovog rada je analizirati razvoj i promjene u distribucijskoj mreži kroz proteklo desetogodišnje razdoblje te usporediti ostvarene rezultate s planiranim razvojem distribucijske mreže predviđenim u prvom desetogodišnjem planu (2014.–2023.). Rad obuhvaća sljedeće cjeline: drugo poglavlje analizira stanje mreže prema desetogodišnjim planovima HEP ODS-a, s naglaskom na ključne tehničke i operativne pokazatelje, poput broja i kapaciteta transformatorskih stanica, duljine vodova, broja obračunskih mjernih mjesta, broja i proizvodnje distribuiranih izvora, potrošnje i gubitaka. Treće poglavlje fokusira se na evaluaciju dosadašnjih planova razvoja, uključujući osvrt na provedbu i postignuća prvog desetogodišnjeg plana razvoja (2014.–2023.). Zaključno poglavlje sažima glavne rezultate analize te pruža preporuke za unapređenje budućih planova razvoja.

2. USPOREDBA STANJA MREŽE U PRVOM I AKTUALNOM DESETOGODIŠNJEM PLANU RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE HEP ODS

2.1. Transformatorske stanice VN/SN i SN/SN i transformatori

Distribucijska mreža HEP ODS-a oslanja se na transformatorske stanice i transformatore kao ključne elemente za osiguranje pouzdane i kvalitetne opskrbe električnom energijom. U ovom dijelu analiziraju se broj i kapacitet transformatorskih stanica te transformatora prema naponskim razinama, njihov prijenosni omjer i stupanj automatizacije kroz uvođenje sustava daljinskog vođenja (SDV). Poseban naglasak stavljen je na usporedbu između prvog 10G plana i aktualnog 10G plana.

2.1.1. Stanje transformacije i broja polja u TS VN/SN i TS SN/SN HEP ODS-a

Tablica u nastavku prikazuje stanje transformatorskih stanica i broja polja postrojenja SN u prvom i aktualnom 10G planu razvoja distribucijske mreže.

Tablica 1. Stanje transformatorskih stanica i SN polja u prvom i aktualnom 10G planu.

Tip transformatorske stanice prema prijenosnom omjeru	Broj TS		Ugrađena transformacija (MVA)		Broj polja postrojenja SN	
	2012.	2022.	2012.	2022.	2012.	2022.
TS 110/35(30) kV	42	37	2.842,00	2.620,00	543	495
TS 110/35(30)/10(20) kV	43	42	3.176,00	3.395,50	1.168	1.254
TS 110/10(20) kV	48	65	2.697,00	4.084,00	1.508	2.106
TS 35(30)/10(20) kV	314	297	4.097,00	4.183,70	6.118	5.920
Ukupno	447	441	12.812,00	14.283,20	9.337	9.775

Prema podacima iz prvog 10G plana, broj transformatorskih stanica bio je usklađen sa tadašnjim energetske potrebama, uz prioritet na obnovu postojeće infrastrukture, povećanje kapaciteta transformacije, povećanje kapaciteta izravne transformacije 110/10(20) kV i uvođenje novih tehnoloških rješenja. Usporedbom podataka iz prvog 10G plana (stanje na dan 31.12.2012.) i aktualnog 10G plana (stanje na dan 31.12.2022.), vidljiv je porast ukupne snage transformacije, unatoč blagom smanjenju broja transformatorskih stanica. Ključni trendovi uključuju sljedeće:

- Smanjenje ukupnog broja transformatorskih stanica sa 447 na 441, što ukazuje na optimiranje i povećanje učinkovitosti distribucijske infrastrukture. Kroz desetogodišnje planove razvoja promičemo trend povećanja sigurnosti i pouzdanosti pogona mreže sa maksimalnim iskorištavanjem postojeće infrastrukture.
- Snaga transformacije raste s 12.812 MVA na 14.283,20 MVA, što predstavlja rast od 11,5%. Porast ukupne snage transformacije je primarno odgovor na porast opterećenja (osobito izražen u primorskim turističkim središtima i velikim gradovima), a u novije vrijeme je dodatno povezan uz stvaranje preduvjeta za prihvatanje energije proizvedene u distribuiranim izvorima.
- Broj srednjonaponskih polja postrojenja u TS povećava se s 9.337 na 9.775, što ukazuje na povećanu fleksibilnost i kapacitet mreže. Ova promjena omogućuje povoljnija uklopna stanja, osiguranje redundancije i smanjenje rizika od preopterećenja u pojedinim dijelovima mreže.

2.1.1.1. Uvođenje sustava daljinskog vođenja (SDV)

Razvoj informacijskih i telekomunikacijskih tehnologija, podržan primjenom modernih numeričkih uređaja relejne zaštite i upravljanja, čini temelj za ispunjavanje suvremenih zahtjeva pogona SN mreže. U odnosu na stanje početkom 1997. godine, kako je navedeno u Master planu, udio transformatorskih stanica uvedenih u sustav daljinskog vođenja (SDV) iznosio je 40% [4]. Do izrade prvog 10G plana taj se udio značajno povećao te je 2012. godine 89% transformatorskih stanica VN/SN u nadležnosti HEP ODS-a bilo uvedeno u SDV.

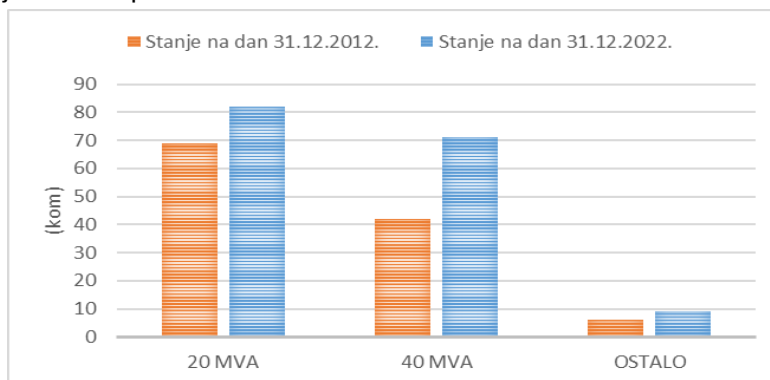
Trenutno, prema podacima iz aktualnog 10G plana, taj udio je dodatno rastao i iznosi 96%, što omogućuje učinkovitiji nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom. Nastavak unaprjeđenja sustava SDV ostaje prioritet s ciljem povećanja učinkovitosti poslovanja i osiguranja visoke kvalitete opskrbe električnom energijom.

2.1.2. Stanje transformatora VN/SN u distribucijskoj mreži HEP ODS-a

Transformatori VN/SN predstavljaju ključni element u prijenosu i distribuciji električne energije unutar distribucijske mreže HEP ODS-a. Usporedbom prvog 10G plana razvoja distribucijske mreže i aktualnog plana, vidljive su promjene u broju, raspodjeli prema nazivnoj snazi i starosnoj strukturi transformatora.

Broj i snaga transformatora (slika 1.):

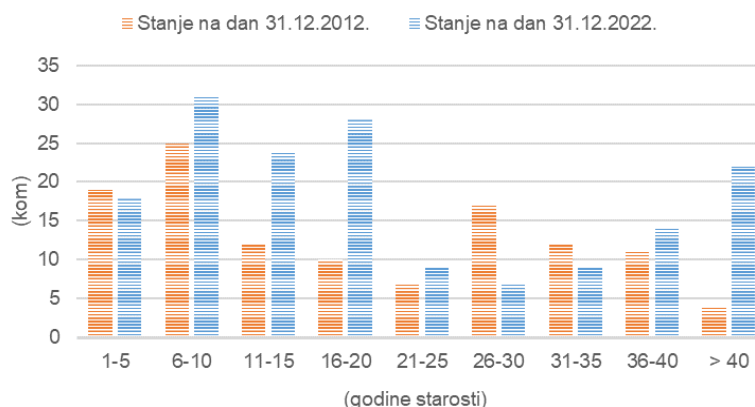
- U prvom 10G planu HEP ODS je upravljao s 117 transformatora ukupne nazivne snage od 3.300 MVA, dok je u aktualnom 10G planu taj broj porastao na 162 transformatora, uz ukupnu snagu od 4.842,5 MVA, što predstavlja povećanje od oko 46%.
- Većina transformatora ostaje u rasponu tipiziranih snaga 20 MVA i 40 MVA, što je jasno vidljivo iz oba plana.



Slika 1. Raspodjela broja transformatora VN/SN HEP ODS-a prema nazivnoj snazi.

Usporedba starosne strukture transformatora između 2012. i 2022. godine (slika 2.) pokazuje značajnu promjenu u distribuciji starosti:

- Broj transformatora starijih od 40 godina povećao se, što ukazuje na potrebu za ubrzanom zamjenom u nadolazećem planskom razdoblju.
- Prosječna starost transformatora povećala se u odnosu na podatke iz prvog 10G plana, kada je prosječna starost pripadala starosnoj grupi 16-20 godina. U aktualnom 10G planu, prosječna starost transformatora porasla je na starosnu grupu 21-25 godina.
- Iako starost transformatora raste, postoji i trend uvođenja novih jedinica, što može ublažiti negativne učinke starenja.



Slika 2. Raspodjela i trend promjene broja transformatora VN/SN HEP ODS-a prema starosti.

Ovaj trend ukazuje na starenje postojećih jedinica, što može utjecati na pouzdanost mreže i povećanje tehničkih gubitaka. Ubrzana zamjena starijih transformatora trebala bi biti prioritet u narednim investicijama kako bi se osigurala dugoročna stabilnost sustava. Primjetan trend uvođenja novih transformatorskih jedinica je posljedica provođenja strateške smjernice uvođenja izravne transformacije 110/10(20) kV koja je u promatranom desetogodišnjem razdoblju dio svih izgrađenih i mnogih rekonstruiranih pojnih točaka 110/x, uz dodatni učinak modernizacije i smanjenja gubitaka transformacije.

2.2. Vodovi

2.2.1. Vodovi 35 kV

Distribucijska mreža HEP ODS-a obuhvaća vodove 35 kV (uključujući 30 kV, posebno na području Elektre Zagreb i Elektre Šibenik) koji se razlikuju prema vrsti izvedbe (nadzemni, podzemni i podmorski vodovi), duljini i tehnološkoj izvedbi. Usporedba stanja mreže između prvog i aktualnog 10G plana ukazuje na trendove smanjenja ukupne duljine nadzemnih vodova uz povećanje udjela podzemnih vodova, što odražava modernizaciju mreže i prilagodbu novim zahtjevima sigurnosti i pouzdanosti opskrbe.

Usporedba stanja vodova 35 kV u distribucijskoj mreži HEP ODS-a između dva planska razdoblja prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica II. Pregled 35 kV vodova u planskim razdobljima

Naziv	Stanje na dan 31.12.2012.		Stanje na dan 31.12.2022.	
	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Nadzemni vodovi 35 kV	3.155	73%	2.973	66%
Podzemni kabeli 35 kV	1.054	24%	1.418	31%
Podmorski kabeli 35 kV	134	3%	145	3%
Ukupno	4.343	100%	4.536	100%

Iz prikazanih podataka vidljivo je da je ukupna duljina 35 kV vodova porasla s 4.343 km na 4.536 km, što predstavlja porast od 4,5%. Analizom strukture vodova primjećuje se smanjenje udjela nadzemnih vodova s 73% na 66%, dok je udio podzemnih kabela porastao s 24% na 31%. Smanjenje udjela nadzemnih vodova i povećanje udjela podzemnih kabela rezultat je prvenstveno zbog izgradnje novih dionica, koje su izvedene podzemnim kabelima. Također, postupni prelazak SN mreže na 20 kV utjecao je na zamjenu postojećih 35 kV nadzemnih dalekovoda podzemnim kabelima, pridonoseći ovom trendu.

Duljina nadzemnih vodova smanjena je za 182 km, što predstavlja smanjenje od 6%. Većina nadzemnih vodova (79%) izvedena je na čelično-rešetkastim stupovima, dok se 21% odnosi na betonske stupove.

Duljina podzemnih kabela povećala se sa 1.054 km na 1.418 km, što predstavlja rast od 34,5%. Većina kabela koristi izolaciju od umreženog polietilena (77%), dok se ostale vrste izolacija postupno povlače iz mreže. Planirana zamjena starijih kabela doprinosi povećanju pouzdanosti i smanjenju gubitaka u distribucijskoj mreži.

Podmorski kabele porasli su za 11 km i sada iznose 145 km. Investicije su prvenstveno bile usmjerene na zamjenu starih kabela s izolacijom od impregniranog papira novijim tehnologijama, poput XHE i FXBTv.

2.2.2. Vodovi 10 i 20 kV

Vodovi 10 i 20 kV čine značajan dio distribucijske mreže HEP ODS-a te su ključni za osiguranje stabilne i pouzdane opskrbe električnom energijom. Promjene u duljinama i raspodjeli udjela tipova (vrsta) vodova u proteklom desetogodišnjem razdoblju odražavaju prilagodbu mreže tehničkim zahtjevima i strateškim ciljevima razvoja distribucijskog sustava.

Usporedba stanja vodova 10 i 20 kV u distribucijskoj mreži HEP ODS-a između dva planska razdoblja prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica III. Pregled 10 i 20 kV vodova u planskim razdobljima

Naziv	Stanje na dan 31.12.2012.		Stanje na dan 31.12.2022.	
	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Nadzemni vodovi 10 i 20 kV	21.072	61%	20.094	52%
Podzemni kabele 10 i 20 kV	13.133	38%	18.116	47%
Podmorski kabele 10 i 20 kV	245	1%	256	1%
Ukupno	34.450	100%	38.467	100%

Iz prikazanih podataka vidljivo je da je ukupna duljina 10 i 20 kV vodova porasla s 34.450 km na 38.467 km, što predstavlja porast od 11,7%. Unutar ukupne duljine primjećuje se smanjenje udjela nadzemnih vodova s 61 % na 52 %, dok je udio podzemnih kabela porastao s 38 % na 47 %. Smanjenje udjela nadzemnih vodova i povećanje udjela podzemnih kabela rezultat je prvenstveno zbog izgradnje novih dionica, koje su izvedene podzemnim kabelima. Također, postupni prelazak SN mreže na 20 kV utjecao je na zamjenu postojećih nadzemnih dalekovoda podzemnim kabelima, pridonoseći ovom trendu.

Duljina nadzemnih vodova smanjena je za 978 km, što predstavlja smanjenje od 5%. Većina nadzemnih vodova izvedena je na drvenim stupovima, dok se postupno povećava udio betonskih stupova u novim dionicama. HEP ODS planira dodatne zamjene nadzemnih vodova podzemnim kabelima u gusto naseljenim urbanim područjima, dok će se u ruralnim područjima koristiti racionalnija rješenja poput drvenih i čelično-rešetkastih stupova.

Ukupna duljina podzemnih kabela porasla je s 13.133 km na 18.116 km, što predstavlja rast od 38%. Podzemni kabele se izgrade kabelima s izolacijom od umreženog polietilena (XHE), koji čini većinu novih postavljenih dionica. Ova tehnologija omogućava bolju pouzdanost i dugovječnost vodova u usporedbi sa starijim rješenjima s impregniranom papirom.

Podmorski kabele povećali su duljinu za 11 km i sada iznose 256 km. Kao i kod podzemnih kabela, preferira se korištenje umreženog polietilena kao izolacijskog materijala zbog veće otpornosti na vanjske utjecaje i duljeg vijeka trajanja.

2.3. Transformatorske stanice SN/NN i transformatori

2.3.1. Stanje transformatorskih stanica SN/NN u HEP ODS-u

Prema prvom 10G planu, distribucijska mreža obuhvaćala je ukupno 28.143 transformatorske stanice SN/NN s instaliranom snagom od 10.425 MVA. U aktualnom planskom razdoblju broj transformatorskih stanica SN/NN povećao se na 29.666, dok je ukupna instalirana snaga porasla na 11.780 MVA, što predstavlja rast od 13%. Najveći porast zabilježen je kod kabelskih transformatorskih stanica, čiji se udio povećao s 48% na 51%, dok je broj stupnih stanica zabilježio blagi pad s 39% na 38%, kao što je prikazano u tablici u nastavku.

Tablica IV. Pregled TS SN/NN prema vrsti izvedbe

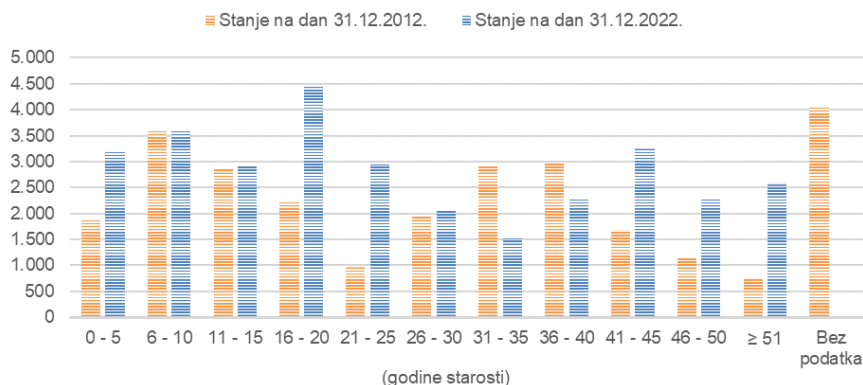
Tip transformatorskih stanica	Stanje na dan 31.12.2012.		Stanje na dan 31.12.2022.	
	Broj TS HEP ODS-a	Udio (%)	Broj TS HEP ODS-a	Udio (%)
Kabelska transformatorska stanica	13.448	48%	15.225	51%
Stupna transformatorska stanica	11.116	39%	11.203	38%
Transformatorska stanica tipa „tornjić“	3.579	13%	3.238	11%
Ukupno	28.143	100%	29.666	100%

Iz podataka je vidljivo kako se sve veći broj transformatorskih stanica zamjenjuje kabelskim izvedbama umjesto stupnih, što omogućuje veću otpornost na nepovoljne vremenske uvjete, smanjenje rizika od kvarova uzrokovanih vanjskim utjecajima te poboljšanje sigurnosti i pouzdanosti mreže. Ovaj trend reflektira nastojanja prema povećanju robusnosti i trajnosti distribucijske infrastrukture

2.3.2. Stanje transformatora SN/NN u HEP ODS-u

Ukupan broj transformatora u vlasništvu HEP-ODS-a porastao je s 28.222 u prethodnom planskom razdoblju na 31.136 u aktualnom razdoblju, što predstavlja povećanje od približno 10,3%. Ovaj trend ukazuje na rastuće potrebe mreže i prilagodbu novim zahtjevima potrošnje. Najveći broj transformatora pripada omjeru 10(20)/0,4 kV, čiji je udio porastao na 58%, što ukazuje na trend prelaska mreže na 20kV napon.

Analiza starosne strukture transformatora pokazuje značajne promjene između planiranih 10G razdoblja. U prvom 10G planskom razdoblju dominirali su transformatori stariji od 30 godina, dok je u aktualnom 10G planu vidljiv trend zamjene starijih jedinica novima, čime se povećava pouzdanost i smanjuju tehnički gubici. Na slici 3. u nastavku prikazana je raspodjela broja transformatora SN/NN prema starosti, između 2 planska razdoblja.



Slika 3. Raspodjela i trend promjene broja transformatora SN/NN po starosti.

Posebnu pozornost treba dati transformatorima starijim od 40 godina (kriterij zamjene prema starosti) i onima koji će do isteka promatranog planskog razdoblja doseći starost od 40 godina. Ukupan udio takvih transformatora je oko 38 % svih transformatora HEP ODS-a.

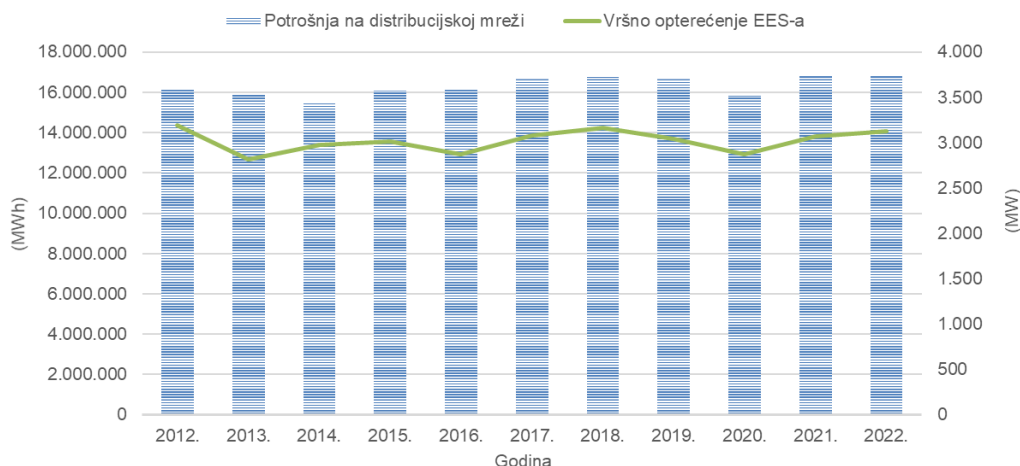
Još jedan značajan podatak vidljiv iz analize je da je u prvom 10G planu za gotovo 4.000 transformatora starosna struktura nije bila definirana ('bez podataka'), dok su u aktualnom 10G planu svi transformatori klasificirani prema starosnim kategorijama. Ova promjena ukazuje na poboljšanu kvalitetu podataka i preciznije vođenje evidencije, što omogućava bolje planiranje zamjene i održavanja transformatora

2.4. Pogonske značajke sustava

2.4.1. Potrošnja i vršno opterećenje

Potrošnja električne energije i vršno opterećenje distribucijskog sustava reflektiraju promjene u gospodarskoj aktivnosti, životnom standardu i tehnološkim trendovima. Prema podacima iz prvog 10G plana razvoja distribucijske mreže, vršno opterećenje elektroenergetskog sustava (EES) iznosilo je 3.193 MW u 2012. godini, dok je ukupna potrošnja električne energije u distribucijskoj mreži iznosila 16.156 GWh.

Na slici 4. je vidljivo kako je potrošnja električne energije tijekom posljednjeg desetljeća pokazivala trend postupnog oporavka, dok je vršno opterećenje ostalo relativno stabilno, s rastom sporijim od ranije predviđenog.



Slika 4. Vršno opterećenje EES-a i godišnja potrošnja električne energije na distribucijskoj mreži HEP ODS-a u razdoblju 2012. – 2022.

Analiza podataka za 2022. godinu pokazuje blagi rast potrošnje na 16.816 GWh, dok vršno opterećenje iznosi 3.126 MW, što ukazuje da je ukupno vršno opterećenje sustava ostalo je relativno stabilno, stabilnost sustava s manjim oscilacijama. Uočene su određene fluktuacije tijekom analiziranog razdoblja, osobito u 2020. godini, kada su makroekonomski učinci pandemije COVID-19 doveli do značajnog smanjenja potrošnje i vršnog opterećenja.

Usporedbom s predviđanjima Master plana, koji je u referentnom scenariju za 2020. godinu predviđao 3.731 MW, a u višem scenariju čak 4.329 MW, vidljivo je da ostvareno vršno opterećenje u 2022. godini od 3.126 MW nije dostiglo ni konzervativna predviđanja ranijih planova[4]. Ova odstupanja od ranijih projekcija mogu se pripisati:

- Makroekonomskim krizama, uključujući recesiju 2008. godine i posljedice pandemije 2020. godine,
- Povećanoj energetske učinkovitosti u kućanstvima i industriji, koja je usporila rast potrošnje,
- Promjenama u obrascima potrošnje, uključujući smanjenje sezonskih oscilacija između zimskog i ljetnog vršnog opterećenja,
- Povećanoj prisutnosti distribuiranih izvora energije (posebice fotonaponskih sustava), koji smanjuju opterećenje sustava u dnevnim satima.

2.4.2. Gubitci u distribucijskoj mreži

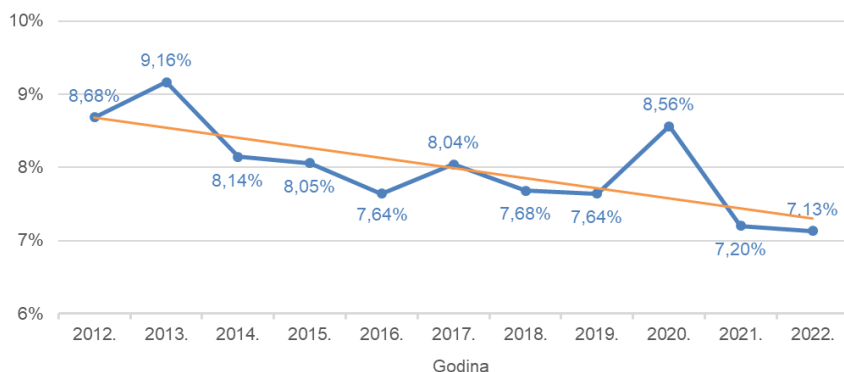
Gubici električne energije predstavljaju jedan od ključnih pokazatelja učinkovitosti distribucijske mreže. U planskom razdoblju u proteklom desetljeću postignut je značajan napredak u smanjenju gubitaka, koji su u 2012. godini iznosili 8,68 %, dok su u 2022. godini smanjeni na 7,13 %. Analiza trenda smanjenja gubitaka temeljena je na logaritamskom regresijskom modelu. Model potvrđuje postojanje stabilnog trenda smanjenja gubitaka tijekom analiziranog razdoblja, uz manja odstupanja uzrokovana specifičnim vanjskim faktorima, poput pandemije COVID-19.

Trend smanjenja gubitaka rezultat je kontinuiranih ulaganja u modernizaciju distribucijske mreže, uključujući:

- rekonstrukciju mreže s ciljem optimizacije prijenosnih gubitaka,
- prelazak na naponsku razinu od 20 kV,
- zamjenu dotrajale mrežne opreme i transformatora s manjim gubicima,
- implementaciju naprednih mjernih sustava za detekciju neovlaštene potrošnje.

Međutim, pandemija COVID-19 uzrokovala je prekid trenda smanjenja u 2020. godini, što je bilo posljedica promjene strukture potrošnje, prelaska na rad od kuće te smanjenja industrijske potrošnje.

Grafički prikaz trendova gubitaka u distribucijskoj mreži dan je na slici 5., gdje se vidi postupan pad gubitaka tijekom promatranog razdoblja.



Slika 5. Gubici električne energije u razdoblju 2012. – 2022.

2.4.3. Broj obračunskih mjernih mjesta

U nastavku je prikazana usporedba broja obračunskih mjernih mjesta (OMM) po kategorijama krajnjih kupaca na temelju podataka iz prvog 10G plana i aktualnog 10G plana.

Tablica V. Broj obračunskih mjernih mjesta po kategorijama krajnjih kupaca

Kategorija krajnjih kupaca	Stanje na dan 31.12.2012.		Stanje na dan 31.12.2022.	
	Broj OMM	Udio (%)	Broj OMM	Udio (%)
Ukupno SN	2.135		2.522	
NN poduzetništvo (plavi)	47.586	25%	39.230	20%
NN poduzetništvo (bijeli)	124.599	66%	125.524	64%
NN poduzetništvo (crveni)	17.741	9%	32.675	17%
Ukupno NN poduzetništvo	189.926		197.429	
NN javna rasvjeta	21.537	1%	22.255	1%
NN kućanstvo	2.137.283	99%	2.291.838	99%
Ukupno NN	2.348.746		2.511.522	
SVEUKUPNO	2.350.881		2.514.044	

Na temelju prikazanih podataka može se uočiti nekoliko ključnih trendova:

- 1) Ukupan broj obračunskih mjernih mjesta porastao je s 2.350.881 na 2.514.044, što predstavlja povećanje od 7 % u promatranom razdoblju.
- 2) Kategorija kućanstava zadržala je dominantan udio u ukupnom broju OMM-a (99%), uz rast s 2.137.283 na 2.291.838, što potvrđuje stabilan trend potrošnje u kućanstvima.
- 3) NN poduzetništvo bilježi umjereni rast broja OMM-a s 189.926 na 197.429, pri čemu je najznačajniji porast zabilježen kod NN poduzetništva (crveni tarifni model), gdje se broj OMM-a gotovo udvostručio (s 17.741 na 32.675). Istovremeno, NN poduzetništvo (plavi tarifni model) bilježi pad s 47.586 na 39.230, dok NN poduzetništvo (bijeli tarifni model) ostaje relativno stabilno s blagim povećanjem broja OMM-a.
- 4) Kod kategorija SN poduzetništva i NN javne rasvjete, zabilježen je sličan broj obračunskih mjernih mjesta, s blagim povećanjem.

Podaci iz tablice jasno ukazuju na kontinuirani rast ukupnog broja OMM-a u distribucijskoj mreži, uz najveće relativno povećanje u kategorijama NN poduzetništva (crveni tarifni model). Ovi trendovi reflektiraju prilagodbu distribucijskog sustava promjenama u potrošnji, tehnološkom razvoju i regulativnim okvirima.

2.4.4. Distribuirani izvori

U posljednjem desetljeću došlo je do značajnog povećanja broja distribuiranih izvora električne energije priključenih na distribucijsku mrežu HEP ODS-a. Najveći rast zabilježen je kod sunčanih elektrana, dok se primjetan porast bilježi i kod biomase i hidroelektrana. U nastavku je dana tablica koja prikazuje usporedbu broja priključenih elektrana i njihove ukupne priključne snage između prvog i aktualnog 10G plana.

Tablica VI. Pregled distribuiranih izvora električne energije u distribucijskoj mreži HEP ODS-a u razdoblju 2012. – 2022.

Vrsta elektrane	Stanje na dan 31.12.2012.		Stanje na dan 31.12.2022.	
	Broj	Priključna snaga (kW)	Broj	Priključna snaga (kW)
Sunčane	91	3.593	6.841	222.003
Vjetroelektrane	0	0	9	95.850
Biomasa	5	4.084	43	99.002
Hidroelektrane	1	1.350	39	76.377
Geotermalna	0		1	10.000
Ostalo	1	2.500	72	90.473
Ukupno	98	11.527	7.005	593.705

Iz podataka prikazanih u tablici vidljiv je značajan rast broja distribuiranih izvora i njihove priključne snage. U razdoblju od 2012. do 2022. godine broj distribuiranih izvora porastao je gotovo 72 puta (s 98 na 7.005 priključenih jedinica), dok je ukupna priključna snaga porasla s 11,5 MW na 593,7 MW, što predstavlja povećanje od više od 50 puta.

Sunčane elektrane dominiraju u strukturi distribuiranih izvora – broj im je porastao s 91 na 6.841, dok se njihova ukupna priključna snaga povećala s 3,6 MW na 222 MW. Ovaj trend rezultat je pojednostavljenih administrativnih procedura za priključenje te povećane isplativosti ulaganja u solarne panele.

Vjetroelektrane, koje nisu bile prisutne u mreži 2012. godine, do kraja 2022. godine dosegle su 95,8 MW priključene snage, što ih čini drugim najznačajnijim obnovljivim izvorom.

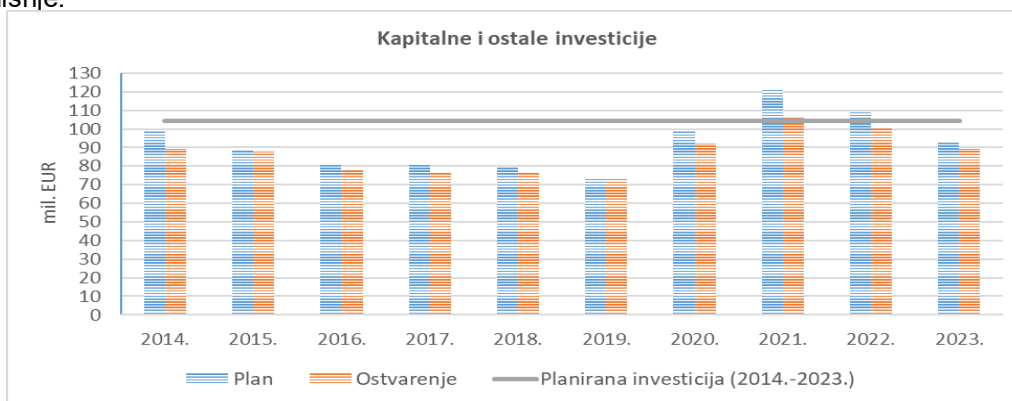
Biomasa i hidroelektrane također su doživjele znatan rast, pri čemu je priključna snaga biomase povećana s 4 MW na 99 MW, dok su hidroelektrane s 1,35 MW došle do 76 MW.

Ukupno gledajući, rast priključenja distribuiranih izvora u proteklom desetljeću ukazuje na ubranu integraciju obnovljivih izvora u distribucijsku mrežu, pri čemu dominira solarna energija, dok se istovremeno bilježi povećanje priključne snage kod ostalih obnovljivih izvora.

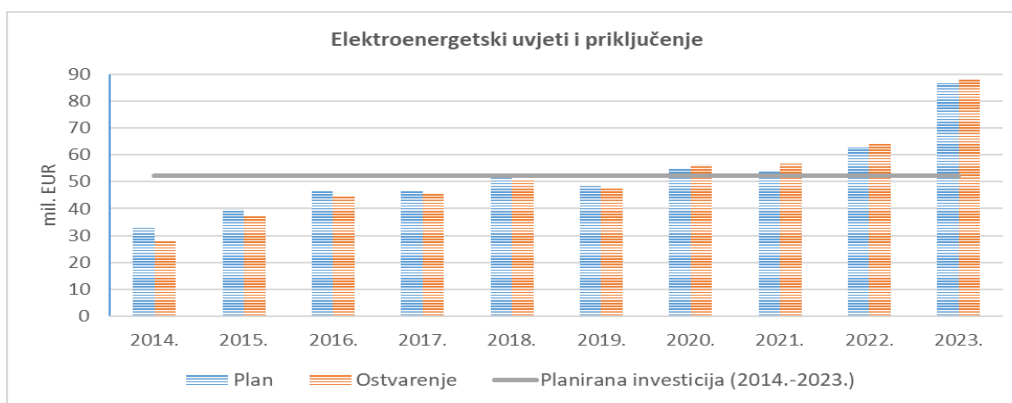
3. ANALIZA REALIZACIJE PLANA RAZVOJA PREMA PRVOM DESETOGODIŠNJEM PLANU RAZVOJA

3.1. Usporedba planirane razine ulaganja iz prvog 10G plana i realizacije u tom razdoblju (2014. – 2023.)

Prvi 10G plan razvoja distribucijske mreže predvidio je potrebna ulaganja u distribucijsku mrežu u razdoblju od 2014. do 2023. godine u kapitalne i ostale investicije (bez ulaganja iz naknade za priključenje) u iznosu od 1.043,6 milijuna EUR. Međutim, prema izvješćima ostvarenja planova investicija i drugim informatičkim alatima za poslovne analize, ukupno je uloženo 924,6 milijuna EUR. Također, planiralo se da će se za prve tri godine (2014.-2016.) iznos ulaganja u stvaranje uvjeta i izgradnju priključaka iznositi 33,2 milijuna EUR godišnje, dok bi nakon toga ulaganja porasla na 53 milijuna EUR te kasnije na 66 milijuna EUR godišnje.



Slika 6. Pregled ulaganja u kapitalne i ostale investicije.



Slika 7. Pregled ulaganja u elektroenergetske uvjete i priključenja.

Promatrani grafovi prikazuju usporedbu planiranih i ostvarenih kapitalnih i ostalih investicija te stvaranje uvjeta u mrežu tijekom prvog 10G plana. Siva linija predstavlja prosječni godišnji iznos planiranih ulaganja prema prvom 10G planu, dok plavi stupci prikazuju stvarne godišnje planirane financijske okvire, a narančasti stupci prikazuju stvarnu realizaciju investicija u promatranom razdoblju.

Ukupna realizacija kapitalnih i ostalih investicija u proteklom desetogodišnjem razdoblju je iznosila 89% od predviđenih ulaganja iz prvog 10G plana (slika 6). U izradi planova naglašavamo da je desetogodišnje razdoblje razmjerno dugo za planiranje razvoja mreže i u dokumentima planova navodimo brojne utjecaje koji rezultiraju nesigurnostima u planiranju. Proteklih deset godina držimo osobito izazovnim zbog promjena u tehničkoj domeni (npr. masovno uvođenje distribuiranih izvora energije u pogon), zbog ekoloških izazova (energetska učinkovitost, očuvanje okoliša i elementarne nepogode) i zbog društvenih izazova (globalno tržište, pandemije, opća povećana potreba za pouzdanom i sigurnom isporukom kvalitetne električne energije). Na srednjoročnoj razini, npr. trogodišnjeg plana, na to odstupanje utjecalo je nekoliko ključnih faktora:

- Kapitalne investicije su složeni višegodišnji projekti čijoj realizaciji prethodi višegodišnja priprema. Dinamika ostvarenja se prilagođava potrebama razvoja određenog područja ili aktivnostima investitora. Osobito su složeni projekti izgradnje ili rekonstrukcije TS 110/x zbog potrebe usklađenja aktivnosti HEP ODS i HOPS d.d. Zbog brojnih okolnosti mijenjali su se prioriteti izgradnje i rekonstrukcije tako da nije postignuta planirana financijska realizacija, ali ipak su izgrađeni sve potrebne pojne točke. Financijska ograničenja planova utječu da se dodatno produljuje tijek izgradnje..
- Inflacija i promjena cijena materijala – U razdoblju 2021.-2023. godine došlo je do značajnog povećanja cijena građevinskog materijala, elektroenergetske opreme i radova, što je uzrokovalo pomake u planiranju i prenamjenu sredstava unutar planiranog investicijskog okvira.
- Administrativne prepreke i dozvole – Pojedini projekti kasnili su zbog produženih procedura ishoda dozvola, posebice kod velikih kapitalnih investicija u prijenosnu i distribucijsku mrežu.
- Promjena prioriteta – Tijekom realizacije plana, dio investicija preusmjeren je u modernizaciju postojećih objekata, što je imalo veći učinak od planirane izgradnje novih objekata.

U promatranom razdoblju stvarna realizacija kapitalnih investicija varirala je po godinama, pri čemu je prosječna godišnja realizacija iznosila 94% u odnosu na stvarni planski okvir, što predstavlja zadovoljavajuću razinu provedbe investicija unatoč određenim odstupanjima.

3.2. Realizacija kapitalnih objekata TS 110/x

Prvi 10G plan predvidio je izgradnju 34 novih pojnih točaka 110/10(20) kV. uz rekonstrukciju postojećih TS 110/35 kV prvenstveno prema potrebama porasta tereta u mrežama 10(20) kV i potrebama prijelaza na 20kV. Budući da se radilo o prvom desetogodišnjem planu predstavljen je maksimalni popis planiranih objekata prema tadašnjim studijama razvoja, planovima HOPS d.d. i namjerama investitora. Do kraja 2022. izgrađeno je i pušteno u pogon 13 novih pojnih točaka sa popisa. Slijedećih 7 pojnih točaka sa popisa je u početnoj ili zreloj fazi ostvarenja sa dovršenim projektom i ishodom građevinskom dozvolom. U početnoj fazi projektiranja je 8 novih transformatorskih stanica sa popisa (ima idejno rješenje ili idejni projekt). Preostalih 6 transformatorskih stanica trenutno nije u horizontu planiranja jer se promijenila

dinamika najavljenog porasta tereta na mikrolokaciji (npr. zastoj ili promjena planova investitora, usporeno popunjavanje gospodarske zone ili pojačana depopulacija) ili je potrebna snaga osigurana proširenjem KB mreže i rekonfiguracijom pogonskog stanja. Kod dovršenih novih pojmih točaka, vremenski pomak dovršenja u odnosu na plan 2014. iznosi 3 do 5 godina. Dinamika dovršetka se revidira i optimalno usklađuje s obzirom na potrebe korisnika mreže, raspoloživa financijska sredstva i aktivnosti HOPS d.d. na izgradnji 110 kV priključka. Nažalost, sve veći raskorak između cijena uređaja, opreme i radova s jedne strane i mogućnosti financiranja složenih projekata s druge strane, će utjecati na dalje prolongiranje ostvarenja kapitalnih projekata.

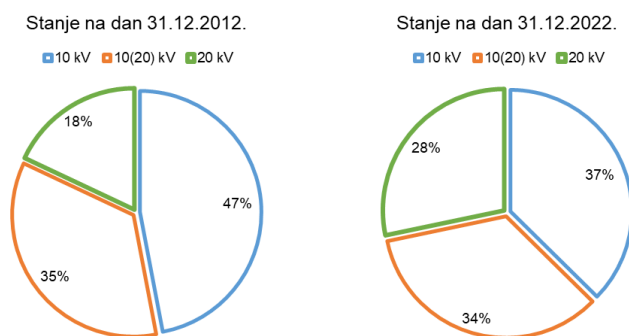
Opisani primjer dobro pokazuje neke od utjecaja na dugoročno planiranje razvoja elektrodistribucijske mreže i pojašnjava zašto je za dosljedno i učinkovito planiranje nužno uspostaviti kontinuirane procese prikupljanja i ažuriranja ulaznih podataka.

3.3. Realizacija prelaska SN mreže na 20 kV pogonski napon

Prvi 10G plan razvoja distribucijske mreže predvidio je postupni prelazak s 10 kV na 20 kV naponsku razinu kao ključnu mjeru za povećanje kapaciteta mreže, smanjenje gubitaka te optimizaciju prijenosne infrastrukture. U razdoblju 2014.–2023. planirano je ostvariti:

- Pogon na 20 kV za dodatnih 8.500 transformatorskih stanica (TS SN/NN).
- Izgradnju 10.000 km SN vodova izolacijom predviđenom za 20 kV napon.

Usporedba ostvarenog stanja na kraju 2022. godine s početnim stanjem zabilježenim u prvom 10G planu (2012.) prikazana je u sljedećem dijagramu.



Slika 8. Raspodjela TS SN/NN u distribucijskoj mreži prema pripremljenosti za pogon i samom pogonu na 20 kV

Ključne promjene i trendovi:

- Porast udjela mreže na 20 kV: Broj TS 20/0,4 kV povećan je sa oko 5.000 na oko 8.400, što znači da je dodano 3.400 novih TS, što predstavlja 40% planiranog cilja (8.500). Duljina SN vodova 20 kV povećana je sa oko 6.500 km na oko 11.300 km, što znači da je dodano 4.800 km, odnosno 48% planiranog cilja (10.000 km).
- Geografska raspodjela: Određeni distribucijski centri (Elektra Sisak, Elektra Rijeka, Elektra Zagreb, Elektra Zabok i Elektroistra Pula) prednjače u uvođenju 20 kV mreže, dok u pojedinim distribucijskim područjima još uvijek dominira 10 kV naponski sustav.
- Strateške odluke i budući razvoj: U novom desetogodišnjem razdoblju planirana su dodatna ulaganja kako bi se omogućio daljnji prelazak na 20 kV naponski sustav, osobito u regijama gdje je trenutno nizak stupanj pripremljenosti.

Ostvarenja do sada potvrđuju ispravnost strategije prelaska na 20 kV, no implementacija je bila sporija od očekivanog. Daljnja ulaganja će se usmjeriti na modernizaciju infrastrukture i povećanje udjela SN mreže u pogonu na 20 kV.

4. ZAKLJUČAK

Analiza provedbe prvog desetogodišnjeg plana razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a pokazala je visoku razinu realizacije planiranih ulaganja, uz ostvarenje ključnih strateških ciljeva razvoja mreže. Unatoč određenim izazovima, većina predviđenih projekata je uspješno provedena, no pojedine aktivnosti su se suočile s nepredviđenim okolnostima koje su utjecale na dinamiku realizacije.

Prije svega primjetan je značajan odmak od predviđenih scenarija kretanja potrošnje i opterećenja na distribucijskoj mreži u odnosu na stvarno ostvarene veličine. Postignut je i vrlo visok udio proizvodnje iz distribuiranih izvora u mreži, kao proizvođači ili kao kupci s vlastitom proizvodnjom čime se značajno utjecalo na okolnosti u mreži dok u suprotnom nije još primjetan značajan utjecaj elektromobilnosti na zahtjeve u mreži. Stoga je ključno da se svi državni strateški dokumenti koje je potrebno uvažiti u dugoročnim planovima izrađuju u skladu sa željenim ciljevima, ali i jasnim planom i mogućnostima ostvarenja tih ciljeva kako bi se ostvarila sinergija međusektorskog planiranja (energetike, demografije, prometa, ekologije i dr.)

Tijekom proteklog desetogodišnjeg razdoblja, nekoliko makroekonomskih faktora imalo je značajan utjecaj na realizaciju investicija. Globalna recesija iz prethodnog razdoblja (2008.–2013.) ostavila je posljedice na gospodarstvo i energetski sektor, dok su kasniji šokovi, poput pandemije COVID-19 i poremećaja u opskrbnim lancima, dodatno utjecali na opću gospodarsku situaciju i aktivnost, a time posredno i na realizaciju planova.

Uz to, inflacija koja je zahvatila Hrvatsku i Europu u razdoblju 2021.–2023. godine znatno je utjecala na troškove investicija. Povećanje cijena građevinskog materijala, elektroenergetske opreme i radova zahtijevalo je prilagodbu financijskog okvira i prolongaciju dijela planiranih ulaganja. S obzirom na trenutačne inflatorne pritiske i moguće buduće makroekonomske izazove, potrebno je pažljivo planirati financijske kapacitete kako bi se osiguralo da aktualni desetogodišnji plan bude provediv unatoč mogućim tržišnim oscilacijama.

U proteklom desetljeću primjetan je značajan rast distribuiranih izvora energije, posebno sunčanih elektrana i manjih obnovljivih izvora priključenih na distribucijsku mrežu. Ovaj trend utjecao je na način planiranja razvoja mreže, zahtijevajući povećanu fleksibilnost u upravljanju opterećenjem, unaprjeđenje sustava daljinskog vođenja (SDV) i optimizaciju investicija u prijenosne i distribucijske kapacitete.

U nadolazećem razdoblju (2024.–2033.), daljnji rast integracije obnovljivih izvora energije zahtijevat će dodatna ulaganja u pametne mreže, prilagodbu naponskih razina i unaprjeđenje kapaciteta skladištenja energije. Istovremeno, novi izazovi uključuju osiguravanje stabilnosti sustava i uravnoteženje proizvodnje i potrošnje u uvjetima sve veće decentralizacije elektroenergetskog sektora. Dodatno, očekuje se značajan utjecaj razvoja e-mobilnosti i prijelaza s korištenja fosilnih goriva za grijanje prema dizalicama topline, što će dodatno oblikovati energetske potrebe i zahtjeve za prilagodbom mreže.

Zaključno, višegodišnje planiranje distribucijske mreže nije jednostavan proces – ono zahtijeva stalno praćenje trendova, prilagodbu planova novim uvjetima i fleksibilan pristup investicijama. Ključ uspjeha leži u strateškom pristupu koji kombinira dugoročne ciljeve s mogućnošću prilagodbe na nepredviđene promjene, čime se osigurava stabilnost, sigurnost i učinkovitost elektrodistribucijskog sustava.

U konačnici, nastavak dosljednog strateškog planiranja, prilagodba novim tehnološkim i regulatornim zahtjevima te proaktivno upravljanje makroekonomskim rizicima ključni su preduvjeti za stabilnost i učinkovitost elektrodistribucijskog sustava u nadolazećem razdoblju.

5. LITERATURA

- [1] Zakon o tržištu električne energije, Narodne novine 111/21, 83/23
- [2] Prijedlog desetogodišnjeg (2014.–2023.) plana razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje, HEP ODS, 2014.
- [3] Prijedlog desetogodišnjeg (2024.–2033.) plana razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje, HEP ODS, 2024.
- [4] Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine, knjiga 4 Distribucijska mreža, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.