

Damir Karavidović, dipl.inž.el.
damir.karavidovic@gmail.com

DOPRINOS DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA STABILNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA = DOPRINOS PONOSU JEDNE ELEKTROPRIVREDNE DJELATNOSTI

SAŽETAK

Energetska evolucija, koju utemeljuje iskorištavanje obnovljivih izvora električne energije za podmirenje velikog dijela bruto potrošnje, je naš put u sigurnu, po okoliš održivu i gospodarski prihvatljivu opskrbu električnom energijom. To je naš put u obećavajuću energetska budućnost. Energetska evolucija definitivno se snažno razvija u distribucijskom sustavu, a kao utjecajan čimbenik, prvo mijenja značajke mreže, a potom, donosi izazove promjena povijesnih funkcija tehničkog bitka distribucijskog sustava.

Objedinjavanje s mrežom ogromnog broja i obnovljivih izvora energije male i velike snage, prati lavina izazova za operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava. Izazovi nisu u fizikalnom smislu nepoznanica dosadašnjeg života sustava, ali je njihova složenost takva da traži nova, pronicljiva i napredna rješenja. No, to nije dovoljno jer bez učinkovite međusobne poveznice i koordiniranog djelovanja dva operatora, teško će biti održati stabilnost i sigurnost pogona elektroenergetskog sustava.

Distribucijski sustav postaje kamen temeljac energetske evolucije u elektroenergetici, a s funkcijom pružanja usluge elektroenergetskom sustavu opravdano dobiva na važnosti, a njegov operator na odgovornosti.

Ključne riječi: energetska evolucija, operator distribucijskog sustava, pomoćne usluge, usluge sustavu, stabilnost, pouzdanost, elektroenergetski sustav.

CONTRIBUTION OF THE DISTRIBUTION SYSTEM OF STABILITY OF THE POWER SYSTEM = CONTRIBUTION PRIDE OF ONE POWER ACTIVITY

SUMMARY

Energy evolution, based on the exploitation of renewable energy sources to meet a large part of gross consumption, is our path to safe, environmentally viable and economically viable electricity supply. This is our way to a promising energy future. Energy evolution is definitely developing strongly in the distribution system, and as an influential factor first changes the network's features and then challenges the changes of the historical functions of the technical battle of the distribution system.

Combining a huge number of networks and renewable energy sources with low and high power, monitors avalanche challenges for the transmission operator and the distribution system operator. Challenges are not in the physical sense unknown to the system's life so far, but their complexity is such that it requires new, pervasive and advanced solutions. However, this is not enough because without the efficient interconnection and coordinated performance of the two operators, it will be difficult to maintain the stability and safety of the power system.

The distribution system becomes the cornerstone of energy evolution in the power sector, and with the function of providing the service to the power system, it is legitimately gained importance and its operator is accountable.

Key words: energy evolution, distribution system operator, auxiliary services, service system, stability, reliability, power system.

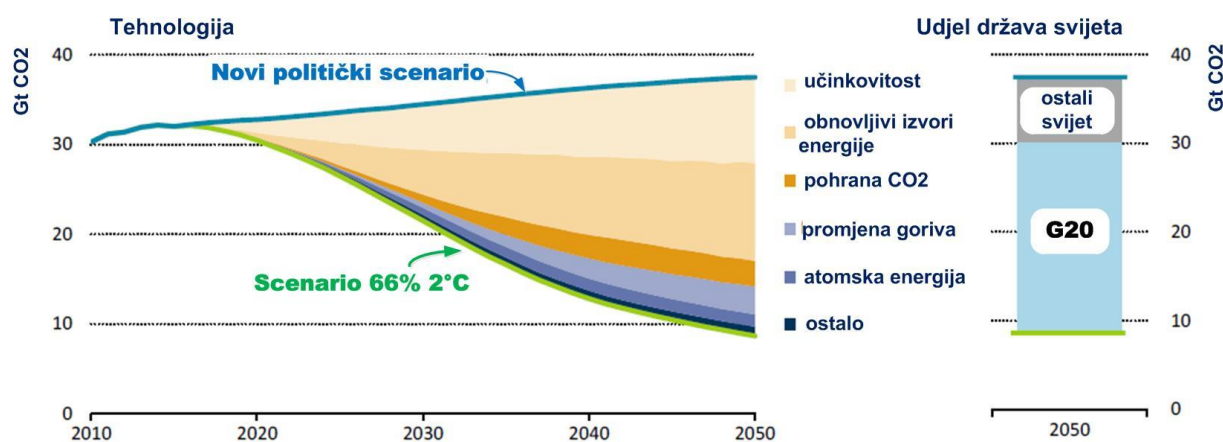
1. UVOD

1.1. Obrana planete od klimatskih promjena u distribucijskom sustavu

Ostvarenju novih klimatskih ciljeva, utemeljenih na Pariškom sporazumu, snagu je dala 23. Svjetska konferencija o klimatskim promjenama UN-a održana u Bonnu, u studenom 2017. godine. Bila je to priprema za nova pravila, jedinstveni, temeljni zakon o zaštiti klime planete koji bi, na sljedećem svjetskom klimatskom skupu krajem 2018. godine, odredio zajedničke i pojedinačne obveze, kao i postupke ostvarenja svake države.

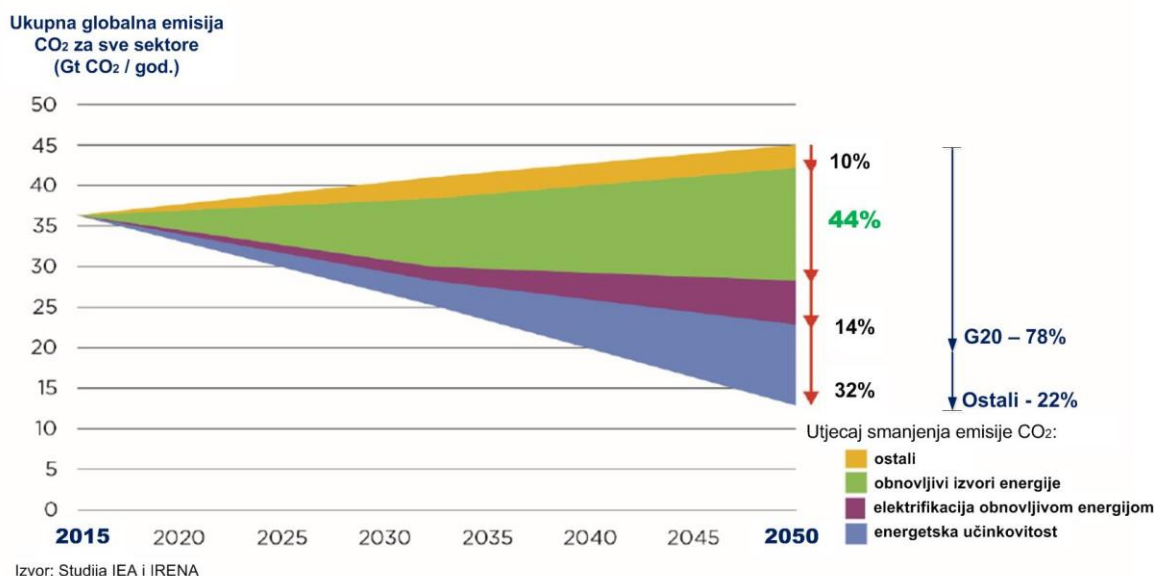
Podsjetimo, **cilj za spas planeta Zemlja** je ograničenje porasta prosječne temperature na planeti do kraja 21. stoljeća za 2°C , a **nikako za 4°C** , kakva je prijetnja sadašnje stanje emisije i njeno održanje. Način dostizanja cilja je **smanjenje emisije štetnih plinova do 2030. godine u odnosu na 1990. godinu za 40%**, što je prvi korak u postizanju ciljeva smanjenja emisija CO_2 do i nakon 2050. godine [1], [2].

Ipak, može se očekivati i novu klimatsku politiku kojom se cilja nadmašiti klimatske ciljeve iz Pariškog sporazuma. Tako scenarij „66% 2°C ” predstavlja novu klimatsku politiku globalne razine smanjenja emisije CO_2 do 2050. godine (slika 1.) s kojom će se do kraja 21. stoljeća s vjerojatnošću od 66% ostvariti porast temperature **značajno ispod 2°C** , čak na razini **$1,5^{\circ}\text{C}$** [3].



Slika 1. Novi scenarij smanjenja emisije CO_2 u energetici do 2050. g. prema tehnologiji i udjelu država

Iz slike je vidljivo kako je uloga uporabe OIE u smanjenju emisije CO_2 do 2050. g. značajna, a njihov doprinos u odnosu na druge izvore i postupke prevladavajući (slika 2.).

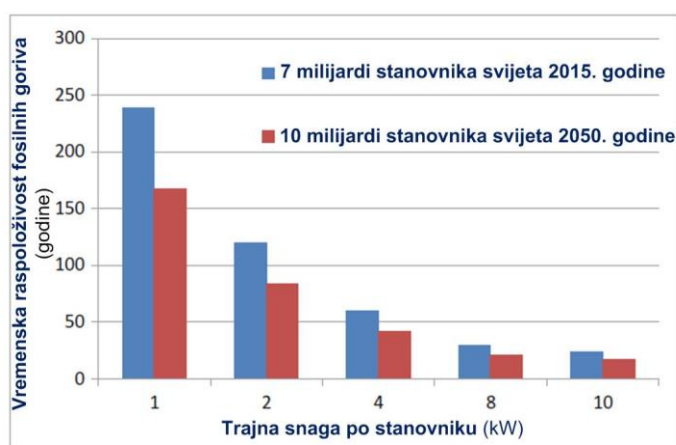


Slika 2. Udjel OIE i drugih značajnijih utjecaja na smanjenje emisije CO_2 [3]

Novi klimatski ciljevi do 2050. godine, kroz smanjenje emisije stakleničkih plinova, imaju značajke promjene paradigme odnosa korištenje izvora obnovljive energije i neobnovljive energije, a što znači kako će do sredine stoljeća, koje živimo, elektroenergetski sustav mora biti bez utjecaja na klimu planete.

Zato provedba pothvata u EES-u kojim se zadovoljavaju klimatski ciljevi ima značajke **energetske evolucije**. Energetska evolucija **izražava temeljni zaokret u opskrbi** električnom energijom od proizvodnje iz fosilnih goriva prema proizvodnji iz obnovljivih izvora energije, uz njihovo **optimalno objedinjavanje s pogonom EES-a**. Dakle, u ostvarenju klimatskih ciljeva, elektroenergetski sustav mora doprinijeti uporabom obnovljivih izvora energije.

Drugi snažni utjecaj na zamah energetske evolucije su rezerve fosilnih goriva i njihovo smanjenje u funkciji broja stanovnika na planetu i njihovom potrošnjom (slika 3.). Razvidno je kako čovječanstvo do 2050. godine mora ovladati velikim udjelom OIE u proizvodnji električne energije jer će njegov rast ubrzano trošiti, a ubrzani rast udjela OIE štedjeti rezerve fosilnih goriva.



Slika 3. Vremenska raspoloživost rezervi fosilnih goriva ovisna o broju stanovnika i potrošnji

Republika Hrvatska ima i dodatni poticaj za podršku energetske evoluciji, kao paradigmi uporabe distribuiranih OIE, a to je **smanjenje energetske ovisnosti** kako u elektroenergetskom tako i u sektoru prometa. Prepoznaju se velike mogućnosti ostvarenja zahtjeva za povezivanje energetskih sektora prema novom smjeru „Power to X“ (struja za toplinu, struja za plin, struja za promet, ...).

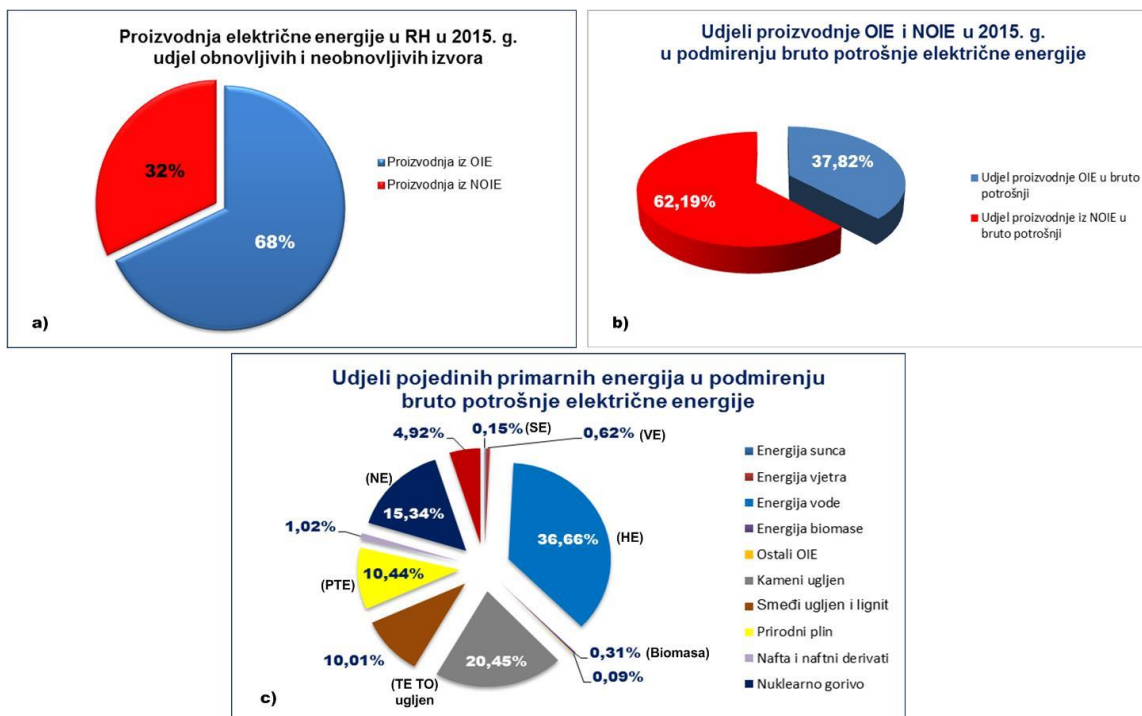
No slijedeće sagledavanje ne ukazuje na snažan zamah izgradnje OIE u distribucijskoj mreži RH. Usporedba broja elektrana povlaštenih proizvođača i nositelja projekta [4] s pojedinom vrstom obnovljive primarne energije te zbir njihovih instaliranih snaga na kraju 2016. i 2017. godine, ukazuje na usporenje (Tabela I.).

Tabela I. Pregled broja i instalirana snaga elektrana s obnovljivom energijom (bez velikih HE) u RH

Vrsta elektrane	Broj elektrana Σ (PP + NP)		Instalirana snaga (kW) Σ (PP + NP)	
	2016.	2017.	2016.	2017.
Vjetroelektrane	28	28	738.000	738.000
Sunčane elektrane	1225	1231	53.371	53.461
Hidroelektrane	19	16	8.049	6.712
Elektrane na biomasu	67	60	119.927	114.787
Elektrane na bioplin	51	51	56.220	55.519
Kogeneracijska postrojenja	6	6	113.293	113.293
Geotermalne elektrane	1	1	10.000	10.000
Elektrane na deponijski plin	1	1	3.000	3.000
Elektrane na plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	1	1	2.500	2.500
UKUPNO:	1399	1395	1.104.360	1.097.272

Analizom stanja doprinosa obnovljivih izvora električne energije podmiranju godišnje bruto potrošnje električne energije u RH, može se reći kako udjel premašuje cilj određen ostvarenju klimatskih ciljeva u sektoru elektroenergetike, ali treba naglasiti, zahvaljujući proizvodnji velikih hidroelektrana koje su gradili naši bliži ili daleki pretci, a danas im se tehnološki povećava snaga i osnažuje uloga. Iz tri prikaza na slici 4. može se prepoznati značajke trenutka (kraj 2015. godine,) energetske evolucije u RH, s motrišta mjerodavnih odnosa između značajki proizvodnje izvora obnovljive i neobnovljive energije (fosilna goriva), te bruto potrošnje (izvor: izvješća HROTE, za 2017. g. nema takvog izvješća).

Podatci sa slike 4a. zadržavaju s motrišta udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije u RH (uključujući velike HE). Prikaz na slici 4b. sukladan je načinu nadzora ostvarenja usvojenih klimatskih ciljeva u elektroenergetici, a odnosi se na cilj prema kojem OIE moraju 2020. godine podmirivati najmanje 20% bruto potrošnje energije krajnjih korisnika. Vidimo kako sektor elektroenergetike u RH tu razinu cilja već danas obilato premašuje (37,82%).



Slika 4. Udjeli obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u proizvodnji i podmirivanju potrošnje el. energije.

Podatci sa slike 4c. izravno prikazuju udjel pojedinog primarnog energenta obnovljive, odnosno neobnovljive prirode u pokrivanju bruto potrošnje krajnjih korisnika. Iz činjenice kako VE i SE, kameni temeljci energetske evolucije, zajedno jedva podmiruju 1% bruto potrošnje, prepoznaje kako je u ovom trenutku korištenje sunčeve energije i energije vjetra u RH, na vrlo niskoj razini.

Možemo zaključiti i kako su u RH velike HE tvorci velikog udjela proizvodnje električne energije iz OIE u podmirivanju bruto potrošnje električne energije. Velike HE su priključene na prijenosnu mrežu i ne smatraju se distribuiranim već centraliziranim izvorima obnovljive energije, gradili su ih naši bliži ili daljnji preci, one nisu građene kao odraz novih politika potpore klimatskim ciljevima, ali ih podržavaju i aktivno doprinose RH u ispunjenju obveze uz 2. klimatski cilj. Mudrim se smatra osnaženje njihove instalirane snage kad god je to moguće i isplativo.

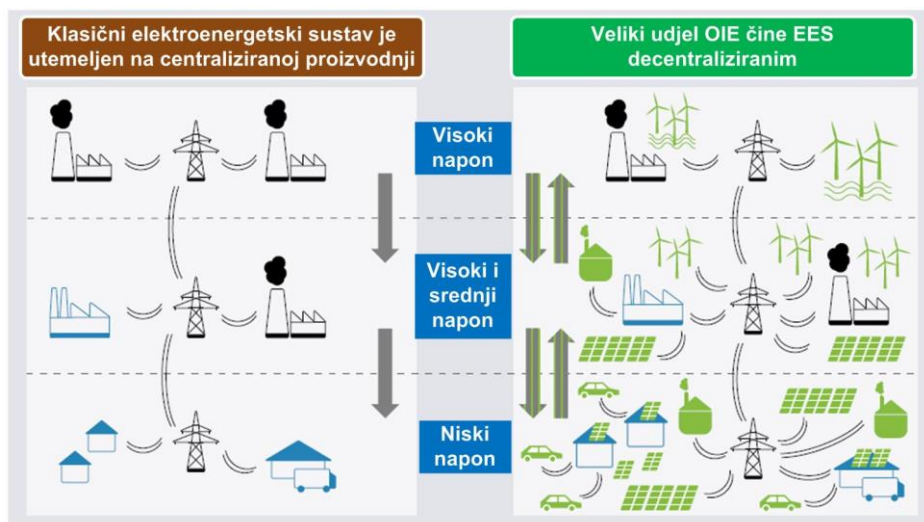
No, ako se pored njih ne grade i elektrane s drugim vrstama obnovljive primarne snage (vjetar, sunce, biomasa, bioplin, ...) i time ne smanjuje udjel proizvodnje elektrana na fosilna goriva, a time niti dovoljno razina emisije stakleničkih plinova u sektoru energetike u odnosu na 1990. godinu, RH neće ostvariti svoje obveze prema 3. klimatskom cilju. U narečenom smislu, za razliku od korištenja energije vjetra (veći dio instalirane snage VE je priključen na prijenosnu mrežu), korištenje energije Sunca je u zaostatku, kako po broju tako i po instaliranoj snazi elektrana, a posebno zabrinjava zemljopisna raspršenost (više u području s manjom godišnjom sunčevom energijom po jedinici površine!).

Politika EU za smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2030. postavlja cilj povećanja udjela OIE u podmirivanju neposredne potrošnje električne energije, bez velikih HE, na $\geq 27\%$ što je cilj koji je ovakvim sustavom nemoguće ostvariti.

1.2. Učinci energetske evolucije na distribucijski sustav

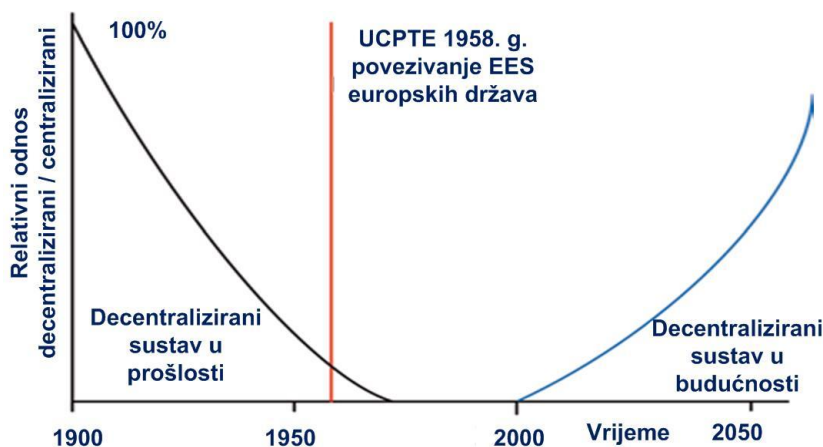
Pretvorba nacionalnih elektroenergetskih sustava pod utjecajem energetske evolucije [1], odvija se veoma različito, kao što je različit i zamah energetske evolucije. **Energetska evolucija se snažno razvija u distribucijskom sustavu**, kažemo kako ona u njemu stanuje, a izazovi i utjecaji prvo se odnose na promjenu značajki i pogona mreže. Svaki njen izazov zahtijeva odgovor i to dugoročno učinkovit odgovor, jer s energetsom evolucijom će se živjeti stoljeće.

Uvažimo li kako je približno 80 - 90% ukupno instalirane snage OIE u nekom EES- u, izuzevši velike hidroelektrane, priključeno na naponske razine distribucijske mreže, to u energetskom i fizičkom smislu znači „napućenost” distribucijske mreže s OIE. Energetska evolucija je uzrok **evolucije EES-a od centraliziranog u decentralizirani**, kao i **distribucijske mreže od pasivne u aktivnu mrežu** (slika 5.), a što prate brojni i zahtjevni izazovi.



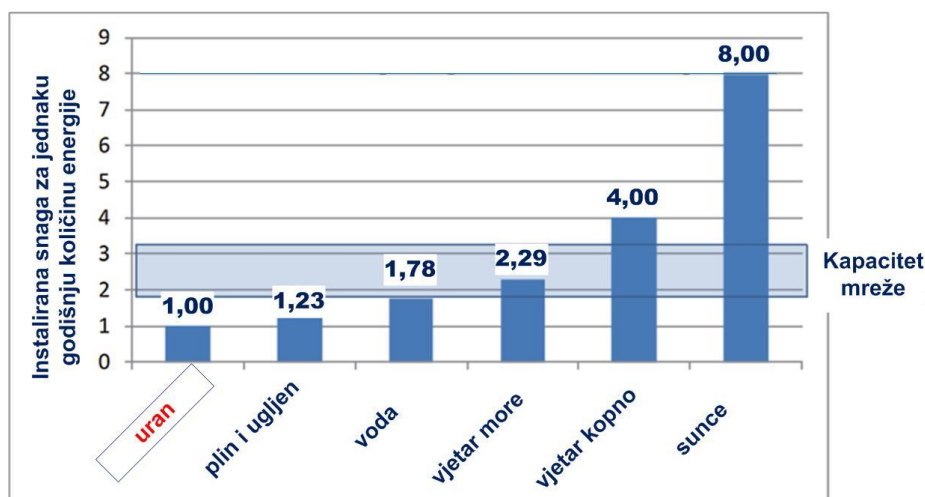
Slika 5. Evolucija EES-a iz centraliziranog u decentralizirani sustav proizvodnje el. energije

Netko će reći kako se i u elektroenergetici povijest ponavlja jer decentralizirani sustav opskrbe energijom nije posebitost sutrašnjice, on je preteča i budućnost sadašnjeg EES-a (slika 6.). Pod istim nazivom postoje bitno različite značajke sustava, u prošlosti, u prvoj polovici 20. st., zapravo se nije moglo govoriti o elektroenergetskom sustavu kao sustavu naširoko povezane prijenosne i distribucijske mreže, a broj decentraliziranih izvora bio je mali.



Slika 6. Relativni odnos između decentralizirane i centralizirane proizvodnje kroz vrijeme jučer - sutra

Decentralizirani EES sutrašnjice imati će naširoko povezanu distribucijsku i prijenosnu mrežu, ovu potonju još i s drugim državama, a u distribucijskoj mreži na stotine tisuća decentraliziranih izvora (Njemačka danas: > 2 milijuna). Naime, vođeni nekim od narečenih razloga poticanja energetske evolucije (točka 1.1.), koristeći OIE umjesto izvora s fosilnim gorivom, za jednaku godišnju proizvodnju električne energije potrebna je značajno veća instalirana snaga OIE, a to kroz decentraliziranu proizvodnju znači ogroman broj izvora (slika 7).



Slika 7. Usporedba potrebne instalirane snage izvora za jednaku godišnju proizvodnju [5]

No, decentralizirani EES sutrašnjice nema kao jedino obilježje raspršenost i veliki broj izvora u distribucijskom sustavu. Razvitak budućeg decentraliziranog sustava proizvodnje i opskrbe krajnjih korisnika električne energije treba promatrati kroz tehničke, gospodarske i tržišne značajke. Iz toga primjerice proizlaze i ova, među inim, „mega“ obilježja sustava:

- brojnost različitosti bitnih značajki potrošnje i proizvodnje,
- utjecaj izvora u distribucijskom sustavu na stabilnost frekvencije i napona EES-a,
- utjecaj izvora u distribucijskom sustavu na snagu kratkog spoja i polarni kut u cijelom EES-u,
- tehnički izazovi će biti nepomirljivi u korist primjene inovativnih rješenja i napredne mreže,
- svaki korisnik mreže može biti proizvođač, kupac ili kupac s vlastitom proizvodnjom,
- pojava nove mrežne infrastrukture utemeljene na filozofiji povezivanja energetske sektora (Power to Gas, Power to Heat, Power to X, ...),
- jalova snaga kao sredstvo upravljanja kakvoćom napona,
- optimalna objedinjenost punionica elektromobila i spremnika s mrežom,
- pojava novih energetske subjekata kao primjerice operatora pohrane energije, virtualne elektrane, mikro mreže, ...,
- napredni mjerni sustav potporni stup tehničkih, energetske i komercijalnih funkcija sustava,
- evolucija postupaka vođenja pogona distribucijskog sustava (upravljanje proizvodnjom i potrošnjom),
- za utvrđivanje potrebnog kapaciteta postojeće i nove mreže koristit će se nove postupke,
- višak energije kao i energija uravnoteženja razmjenjivati će se na istoj razini mreže,
- primjena selektivne metodologije utvrđivanja naknade za korištenje mreže,
- priključak i mreža biti će pod javnim, ali i privatnim gospodarenjem,
- neće se isključiti mogućnost razmjene energije između subjekata npr. jedne poslovne zone, ...

Značajan udjel decentralizirane proizvodnje s velikim brojem raspršenih izvora različitih mrežnih značajki i raspoloživosti u distribucijskom sustavu, čitavom EES-u donosi odnose koji traže njegovu preobrazbu, a njegovo funkcioniranje čini složenim kao nikad prije. To je snažan nagovještaj potrebe za potpuno novim pravilima kako onih za pristup sustavu tako i za njegov pogon.

2. NOVE ULOGE, ZADAĆE I ODGOVORNOSTI OPERATORA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

Sve veća važnost distribucijskog sustava i njegovog operatora za ostvarenje energetske evolucije i funkcioniranje EES-a, vrlo se sporo prihvaća, kako u energetske tako i u gospodarske politici. Zakonodavni okvir još se uglavnom temelji na centraliziranoj i njoj primjerenoj opskrbi energijom, koja postupno odlazi u prošlost. To se mora promijeniti. Potrebni su novi zakonski propisi koji uzimaju u obzir ključnu ulogu operatora distribucijskog sustava u provedbi energetske evolucije u RH.

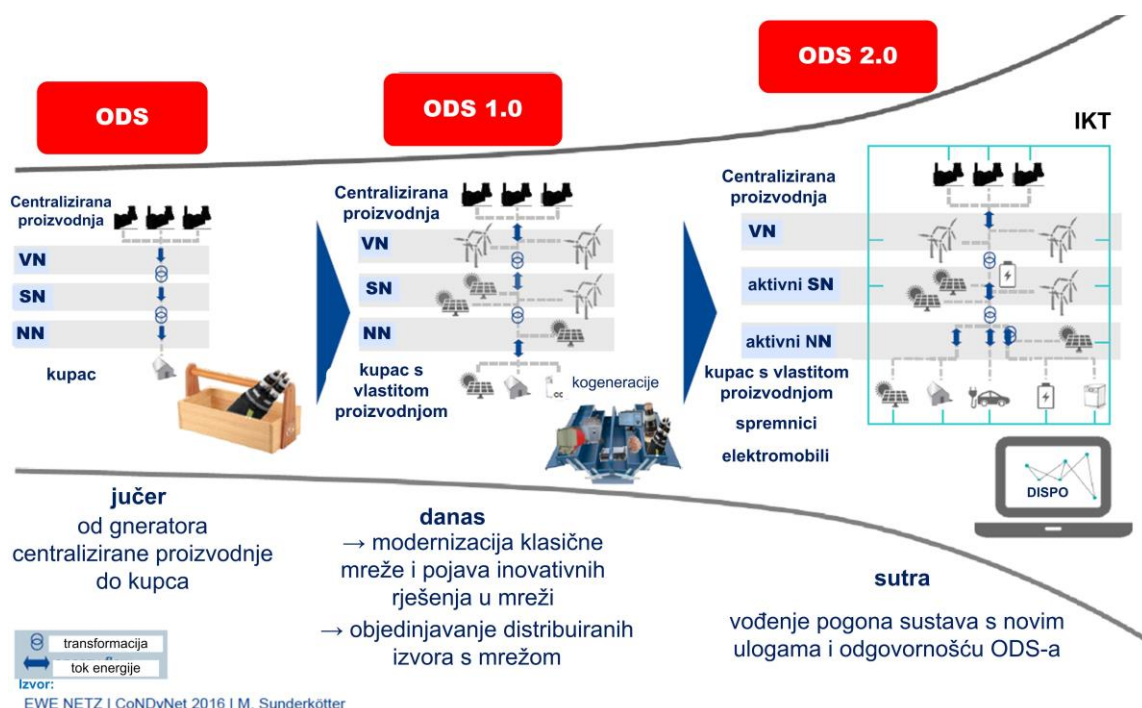
Jer, unatoč što se još uvijek procjenjuje i ocjenjuje, prema već vjerodostojnim pokazateljima, značenje distribucijskog elektroenergetskog sustava (DEES-a) ima obilježja „početka i kraja“ budućeg elektroenergetskog sustava. **Zašto?**

Zato što OIE stanuju u distribucijskoj mreži, zato što postaju za pogon distribucijskog sustava njegova utjecajem prevladavajuća sastavnica. Pridružujući tome i buduće nove aktivne sastavnice tog sustava, primjerice spremnike električne energije, postrojenja za povezivanje energetskih sektora, aktivne kupce, ..., nedvojbeno će doći do velike promjene funkcionalnih značajki distribucijskog sustava.

Potpuno je prirodno i nezaobilazno da s promjenom funkcionalnih značajki distribucijskog sustava, promjenom dionika elektroenergetskog gospodarstva i promjenom poslovnih odnosa među tim dionicima (regulirani i tržišni) nastupi i **promjena uloge i odgovornosti ODS-a**.

No, osim energetske evolucije i tržišnih odnosa u elektroenergetskom sektoru i **digitalizacija kao opće obilježje budućeg vremena** odrediti će novu ulogu i odgovornost ODS-a [6].

Glas potrebe o prepoznavanju i utvrđivanju promjena za blisku budućnost, ne čuje se samo u stručnim krugovima i raspravama na konferencijama, forumima, ..., već on dolazi i od europskih regulatornih tijela (ACER i CEER). Slika 8. upravo želi istaknuti neraskidivu vezu između promjene značajki distribucijskog sustava i promjene zadaća i odgovornosti njegovog operatora (brojevi uz kraticu: ODS - ODS 1.0 - ODS 2.0).



Slika 8. Evolucija DEES-a te nove zadaće i odgovornosti ODS-a

Za preobrazbu ODS-a u vremenskoj točki energetske evolucije 2.0 postoji nekoliko teza, oko kojih nema pretjeranih razlika u mišljenju, s kojima se, pored ustaljenih, određuje njegova poslovna područja i odgovornost. Opredjeljujemo se za skup slijedećih teza:

1. **ODS će i u budućnosti biti odgovoran za razvitak i pogon svog sustava, uz uvažavanje opravdanih potreba korisnika mreže i energetskih subjekata koji ga koriste, te u skladu s potrebama cjelovitog EES-a, ali s proširenom ulogom i zadaćama u odnosu na postojeću.**

Za budućnost ODS-a to znači:

- nadzirati i upravljati prilagodljivošću (fleksibilnošću),
- nadzirati i upravljati zagušenjima,
- preuzeti dio usluga koje se odnose na odgovornost prema EES-u (npr. uravnoteženje),
- uključiti podatke za potrošnju i proizvodnju te ih uključiti u komunikacijska kaskadu,
- nastaviti s razvitkom sposobnosti svog IKT sustava i preuzeti odgovornost za nj.

2. **Raznolikost i vremenska određenost pogonskih aktivnosti sastavnica budućeg distribucijskog sustava zahtjeva posebne sposobnosti ODS-a za upravljanje zagušenjima**

Pogonske aktivnosti sastavnica budućeg distribucijskog sustava rezultat će vrlo promjenljivom prirodom korištenja mreže, povećanom proizvodnjom i potrošnjom, višom razinom istodobnosti, te promjenom fleksibilnosti proizvođača i kupaca.

Kao odgovor takvom pogonskom scenariju, ODS mora ustrojiti upravljanje zagušenjima, što podrazumijeva zahvate u mreži, proizvodnji i potrošnji, kojim se ostvaruje usluga vođenja pogona kojom je ODS nadležan voditi siguran i pouzdan pogon distribucijske mreže. Potonje će utjecati na buduće zadaće u planiranju i vođenju pogona mreže kao i biti u interakciji s mnogim drugim odgovornostima ODS-a, kao što su održavanje i ponovna uspostava opskrbe,

3. Kao nepristrani pružatelj usluga vezanih za mrežu (infrastruktura) ODS mora tu uslugu činiti na način koji će omogućiti učinkovito funkcioniranje tržišta električne energije.

Temeljni cilj novih modela tržišta električne energije je održavanje ili povećanje sigurnosti opskrbe uz povećani prihvat OIE, dominantno u distribucijski sustav, a namjera ih je ostvariti kroz:

- agregiranje distribuiranih izvora (virtualne elektrane, mikro mreže, ...)
- uvođenje fleksibilnosti sa strane proizvodnje i potrošnje (aktivni korisnici),
- pojavu pružatelja izravnih usluga fleksibilnosti (spremnici, punionice vozila ...),
- ustroj naprednog mjernog sustava i uloge operatora sučelja (Gateway administrator),
- uspostava tržišta prilagodljivosti,
- tržište kapaciteta, ...

4. Izgradnja naprednog mjernog sustava i utvrđivanje pravila za pružanje mjerne usluge i njenu liberalizaciju.

Izgradnja naprednog mjernog sustava ne smije biti pitanje „da – ne“, ono nema inačice osim vremena sveobuhvatne uspostave. Pružanje mjerne usluge u postojećem i budućem naprednom mjernom sustavu u smislu liberalizacije traži regulatorne uvjete.

Operator mjernog mjesta i administrator sučelja upravljaju mjernim podacima za obračun, upravljanje, optimiranje pogona, ODS je povijesni operator mjernog mjesta, a svaki drugi poslovni model trebao bi se procijeniti i utvrditi regulatornim propisima.

5. ODS je odgovoran, unutar vlastitog sustava, za sveobuhvatno i napredno upravljanje mjernim, procesnim i poslovnim podacima te komunikacijom za potrebe njihove uporabe,

Komunikacijski umrežen i distribucijski sustav s naprednim upravljanjem proizvodnjom energije, mrežnim sastavnicama, pohranom i potrošnjom kod korisnika energije je nezaobilazni kamen temeljac za uspješnu provedbu energetske evolucije.

Za to je potrebno raspolagati s naprednom komunikacijskom mrežom kao i standardiziranom IT – platformom za vrednovanje i uporabu velike količine podataka.

6. S podacima korisnika mreže i njihovih pružatelja usluga, ODS mora upravljati na siguran, nepristran i učinkovit način uz jamstvo očuvanja sigurnosti od zloporabe.

Pouzdan i sigurno upravljanje podacima je još jedan ključan element za uspjeh energetske evolucije, djelovanja tržišta i digitalizacije. Za to su potrebni koherentni ukupni koncept za IKT – sigurnost, stalno bavljenje sigurnosnim pitanjima, snažna uporaba mikroelektronike za očuvanje sigurnosti i to od mikročipova ugrađenih u sustave do cyber-fizičkog sustava.

7. ODS mora raspolagati s političkom, poslovnom, kadrovskom, tehnologijskom potporom za uspješno ostvarenje nove uloge u složenim okolnostima.

Iako je ODS i danas „raspeti“ energetski subjekt, sutra, pod utjecajem vrtloga novih okolnosti, njegov će poslovni položaj biti još teži.

Odgovor izazovima energetske evolucije, tržišta i digitalizacije vidimo kroz promjenu ODS-a i distribucijskog sustava. Potonji mora doživjeti fizičko pomlađivanje, tehnološku promjenu svojih sastavnica, promjenu kroz prilagodbu i unapređenje vitalnih funkcija s naprednim rješenjima.

Samostalnost u odlučivanju, a na tragu utvrđenih društveno opravdanih ciljeva u odnosu na mrežu, svakako je pretpostavka odgovarajuće sposobnosti ODS-a odgovoriti izazovima.

8. Regulatorna tijela moraju biti nositelj rasprave kojom će se utvrditi nova uloga i zadaće ODS-a u vremenu nove energetike kao i pravična naknada za ostvarenje uloge.

Sve veću složenost u ostvarenju uloga i zadaća ODS-a, osobito u pogonu distribucijskog sustava, moraju prepoznati i regulatorna tijela kako bi se potom donijeli propisi sa subjektima, njihovom mjerodavnošću i odgovornošću.

Složeni poslovni uvjeti zahtijevaju učinkovitu i pravičnu metodologiju za utvrđivanje naknade za korištenje mreže.

9. ODS mora razviti sposobnost pružanja aktivnog doprinosa stabilnosti i pouzdanosti EES-a upravljajući uslugama sustavu iz distribucijskog sustava.

U budućnosti će se osobine proizvođača i kupaca potrebne za pružanje pomoćnih usluga sustavu nalaziti i u distribucijskom sustavu, tako da će potonji biti izvor takvih usluga.

Postojeći koncepti za pružanje pomoćnih usluga moraju se razmotriti u svjetlu decentralizacije EES-a, budućih mogućnosti distribucijskih mreža i buduće jače interakcije između upravljanja zagušenjima i pružanja takvih pomoćnih usluga sustavu iz distribucijske mreže.

Osmotrivost i upravljivost distribucijske mreže i korisnika mreže na svim razinama mreže su ključ za potrebe daljnjeg razvoja zadaća i odgovornosti operatora distribucijske mreže

To će dovesti do jačanja odgovornosti operatora distribucijskog sustava za pogon cijelog EES-a.

10. U temeljima ostvarenja novih zadaća i odgovornosti ODS-a je njegova suradnja i koordinacija djelovanja s OPS-om.

Interakcije između upravljanja zagušenjima i pružanja usluga sustavu iz distribucijskog sustava zahtijevaju veću koordinaciju djelovanja između operatora distribucijskog sustava i operatora prijenosnog sustava. To se odnosi i na raspodjelu prilagodljivosti, na upravljanje zagušenjem i uslugama sustava.

U budućnosti, ODS mora biti odlučan u **učinkovitoj uporabi postupaka prilagodljivosti**. ODS mora zajedno s OPS-om istražiti sve pristupe i postupke planiranja i pogona prijenosne i distribucijske mreže kako bi se svaka prilagodljivost u proizvodnji, potrošnji i pohrani el. energije mogla učinkovito iskoristiti. To zahtijeva zajednički rad oba operatora.

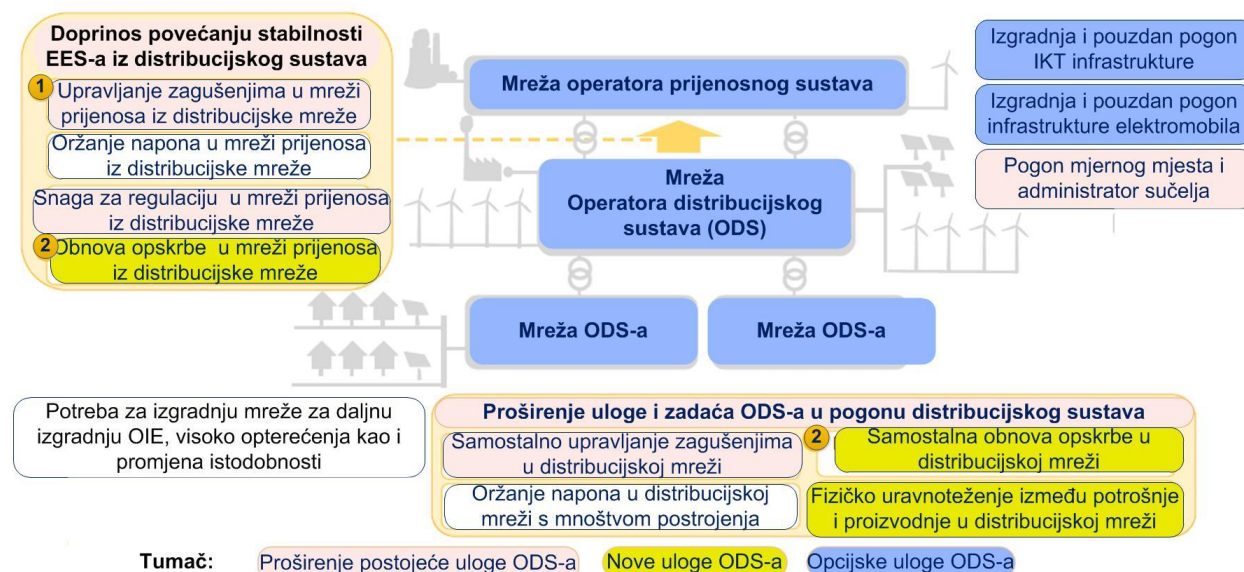
Poseban je naglasak na koordinaciji djelovanja dva operatora kod djelomičnih ili potpunih prekida opskrbe.

Također, predmet koordinacije mora biti i podešenje zaštita čije djelovanje može imati utjecaj na pogon sustava (podfrekventna, zaštita za odvajanje elektrana u distribucijskom sustavu, naponska zaštita, zaštita od otočnog pogona elektrana, ...).

11. Nova poslovna područja i poslovni modeli kao odgovor utjecajima

Stalno se pojavljuju nova poslovna područja koja se mogu smatrati opcijskim ulogama ODS-a pa o njihovom razvrstavanju u poslovni sustav ODS-a treba u budućnosti odlučivati regulatorna agencija i poslovna strategija ODS-a. Tu danas mislimo na operatora infrastrukture e-mobilnosti, operatora IKT infrastrukture, operatora pohrane električne energije, ...

Među ključnim ulogama neke se ustaljene zadaće proširuju novima, neke su potpuno nove, a zanimljivo, u svakom trenutku su na obzoru nove kao opcijske koje čekaju izmjenu i dopunu regulatornog okvira [7] kako bi se odredio subjekt izvršenja i njegova odgovornost (slika 9.).



Slika 9. Uloge i zadaće ODS-a pod utjecajem energetske evolucije, tržišta i digitalizacije

3. SIGURNOST I STABILNOST POGONA DECENTRALIZIRANOG EES-a

3.1. Sigurnost i stabilnost pogona EES-a

Sigurnost i stabilnost pogona EES-a, sigurnost i kakvoća opskrbe, najviši su ciljevi nositelja elektroprivrednih djelatnosti u svakom društvu, i uvijek na prvom mjestu kod promjena bilo koje prirode.

Brojni su preduvjeti za sigurnost i stabilnost pogona EES-a. Nalazimo ih u visokoj razini raspoloživosti proizvodnje i mreže, razvijenosti mreže, primjeni naprednih rješenja, sposobnosti vođenja pogona sustava, učinkovitosti tržišnog modela, pravima i ograničenjima u korištenju mreže, U tabeli II. opisujemo pojmove od bitnog značenja za pogon i korištenje EES-a.

Tabela II. Temeljni pojmovi vezani za EES danas i sutra

KAKVOĆA OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM		
Kakvoća usluge	Pouzdanost napajanja	Kakvoća napona
Očituje se u kakvoći postupaka ODS-a u poslovnom odnosu s korisnicima mreže prije i nakon njihovog stjecanja položaja korisnika mreže, a kvaliteta usluga se utvrđuje posebnim mjerilima za ocjenu. (informacije o uvjetima priključenja i korištenja mreža, prekidima napajanja, učinkovita uporaba energije, ...)	Stalnost napajanja korisnika mreže električnom energijom. Pokazatelji za mrežu su: prosječan broj prekida napajanja, prosječno ukupno trajanje prekida napajanja, prosječno trajanje jednog prekida - sve po korisniku mreže unutar jedne godine. (SAIFI, CAIDI, SAIDI)	Stalnost fizikalnih značajki, odnosno, pokazatelja kakvoće napona i usklađenost izmjerenih značajki napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije s normiranim vrijednostima (HRN 50160 – frekvencija, iznos, brzina promjena, viši harmonijski, flikeri, nesimetrija, ...).
SIGURNOST I STABILNOST SUSTAVA		
Sposobnost sustava zadržati normalno stanje ili se što je brže moguće vratiti u normalno stanje, a uvjetovana je termičkim granicama, naponskim ograničenjima, kratkospojnim strujama, granicama frekvencije i granicama stabilnosti. Stabilnost znači sposobnost elektroenergetskog sustava održati stabilno stanje nakon poremećaja (Trenutna rezerva, snaga za regulaciju i rezervu, jalova snaga, snaga KS, vođenje pogona, ponovna uspostava sustava, ...)		
SIGURNOST OPSKRBE		
Osiguravanje potrebne količine električne energije krajnjim kupcima, kroz proizvodne kapacitete, kao i sposobnost prijenosnih i distribucijskih mreža da omoguće isporuku te električne energije krajnjim kupcima, uz učinkovitu zaštitu postrojenja i ljudi		

Pitanje koje, prije svih drugih, golica stručni svijet je vezano za održivost sigurnog, stabilnog i troškovno prihvatljivog pogona elektroenergetskog sustava, danas u uvjetima dvadeset, sutra četrdeset, a „dan poslije sutra“ osamdeset ili čak stotinu postotnog udjela obnovljivih izvora energije u podmiranju potrošnje? Jesu li za to dovoljni već utvrđeni i dokazani postupci prilagodbe, te pravila postupanja, ili trebamo potpunu promjenu njihovih osobina ili čak promjenu paradigme elektroenergetike i pogona mreže?

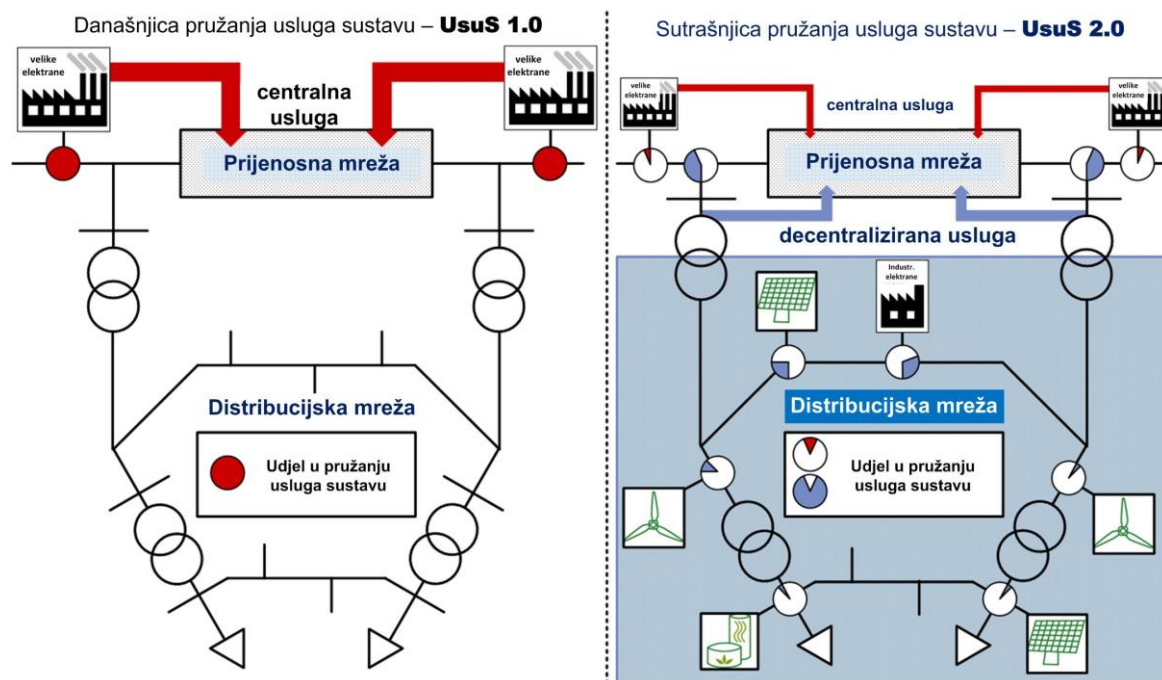
Uvažavajući pak činjenicu kako je značajka velike većine OIE u distribucijskom sustavu kolebljiva primarna snaga, jer uporaba **energije vjetera i Sunca je temelj energetske evolucije**, to za decentralizirani EES, po prirodi stvari, znači ugrozu sigurnosti i stabilnosti pogona kao i sigurnosti opskrbe električnom energijom.

3.2. Pružanje pomoćnih usluga EES-u danas - sutra

Kako je decentralizacija EES-a posljedica smanjenja udjela velikih, klasičnih elektrana s fosilnim gorivima, a rast udjela obnovljivih izvora energije s kolebljivom proizvodnjom u podmiranju potrošnje, ugroza dolazi iz distribucijskog sustava. Zato ODS mora razviti sposobnost pružanja aktivnog doprinosa stabilnosti i pouzdanosti EES-a upravljajući uslugama sustavu iz distribucijskog sustava. Značenje rada ODS-a za stabilnost pogona EES-a, koja je prije energetske evolucije i u njenom začetku gotovo isključivo bila zadaća OPS-a, brzo raste zamahom energetske evolucije (slika 10.).

Razvoj novih sposobnosti za pružanje usluga sustavu iz distribucijskog sustava dovesti će do veće uključenosti ODS-a u odgovornost za pogon čitavog EES-a, a obzirom na oblik i područni pogon

distribucijske mreže, ODS će morati preuzeti odgovornost za utjecaj pogona područnih mreža na stabilnost pogona sustava.



Slika 10. Promjena izvora pružanja usluga sustavu kod velikog udjela OIE u distribucijskom sustavu

Koristeći značajke potencijala svoje mreže te postrojenja i instalacija njenih korisnika, ODS može danas dati skroman, a u skoroj budućnosti nezanemariv doprinos sigurnosti i stabilnosti pogona EES-a, bilo da je to podrška ustaljenim uslugama za održanje stabilnosti (održavanje frekvencije, napona, ponovna uspostava opskrbe, vođenje pogona) ili čak pružanje regulacijske snage (slika 11.).



Slika 11. Ustaljene funkcije za ostvarenje sigurnosti i stabilnosti pogona EES-a te sigurnosti opskrbe

Na slici 11. smo crvenim tekstom htjeli ukazati na neke od ustaljenih funkcija za ostvarenje sigurnosti i stabilnosti pogona EES-a te sigurnosti opskrbe, koje su zajedno s drugima (plavi tekst) sada u centraliziranom sustavu opskrbe energijom u potpunoj mjerodavnosti OPS-a, a koje rastom udjela decentralizirane proizvodnje u distribucijskom sustavu (slika 10.) postaju potencijal za pružanje pomoćnih usluga EES-u iz distribucijskog sustava [7].

U jednom snažno decentraliziranom sustavu proizvodnje električne energije, s velikim udjelom OIE kako u podmiranju bruto potrošnje tako i u instaliranoj snazi, pomoćne usluge iz distribucijskog sustava za elektroenergetski sustav neće više biti tlapnja već stvarnost novog razdoblja elektroenergetike.

Naši doprinosi raspravi o značajkama distribucijskog sustava u bliskoj budućnosti smiju još danas biti skromni, ali sutra više ne. Kako bismo pokrenuli taj zamašnjak povijesnih promjena moramo prepoznati sve izazove, studirati ih, razbuditi svoju i provjeriti inovativnost drugih u našoj zbilji distribucijskog sustava. Proces digitalizacije govori kako je „samo nebo granica“ djelotvornim inovativnim funkcijama i naprednim rješenjima za već ustaljene funkcije.

Dakako, tome je potreban napredni regulatorni okvir.

3.3. Pomoćne usluge sustavu kao novi izazovi ulozi i odgovornosti ODS-a

U procjeni mogućnosti pružanja pomoćnih usluga EES-u, pothvatima iz distribucijskog sustava, moramo otkriti mogućnosti provedbe određenih postupaka i vrednovati njihov doprinos određenoj usluzi. Kako je pri tome djelatnost distribucije električne energije regulirana djelatnost, prvo je ODS-u prepoznati zadaće koje proizlaze iz postojećeg pravnog položaja i pogonskih okolnosti koje nastaju ustrojem decentraliziranog EES-a.

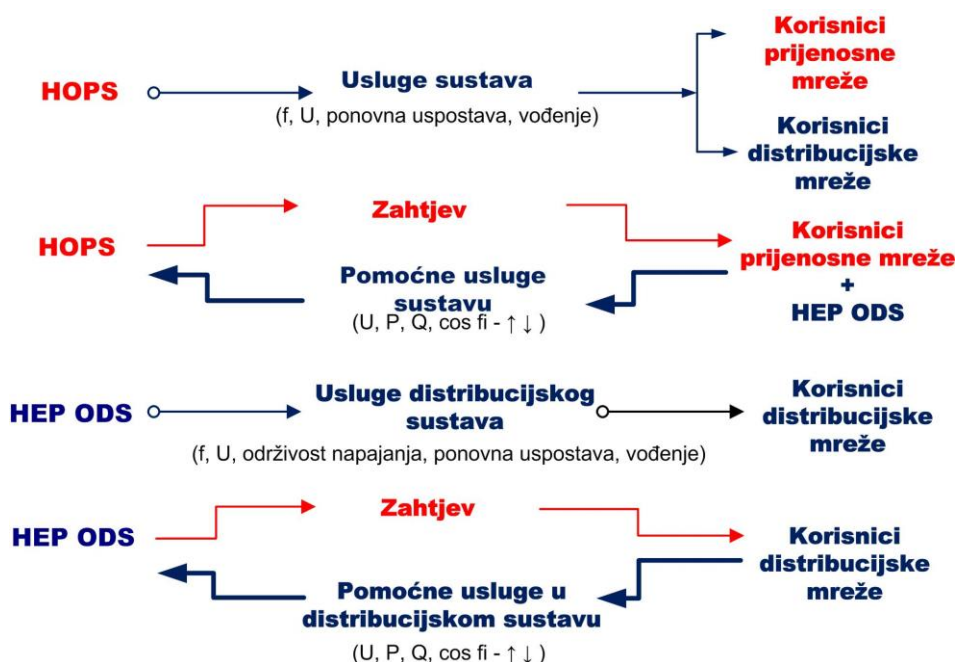
Odredbe Zakona o tržištu električne energije (NN 22/13, članci 38, 39 i 40) utemeljuju pomoćne usluge u distribucijskom sustavu kao funkciju, a HEP ODS kao nositelja zadaće pružatelja i odgovornu osobu. Na temelju pak članka 38. stavak 9. narečenog zakona (u daljnjem pisanju: ZoTEE), HEP ODS na temelju pribavljene suglasnosti Hrvatske energetske regulatorne agencije (u daljnjem pisanju: HERA) donosi „Metodologiju za određivanje cijena i uvjeta za pružanje pomoćnih usluga u distribucijskom sustavu“.

Narečenom Metodologijom treba utvrditi:

- pomoćne usluge korisnika mreže ili HEP ODS-a u funkciji usluga sustavu,
- pomoćne usluge u distribucijskom sustavu,
- postupak za određivanje jediničnih cijena za pojedine pomoćne usluge koje se nabavljaju od pružatelja pomoćnih usluga, te
- uvjeti za pružanje pomoćnih usluga.

Temeljna zadaća HEP ODS-a je svojim radom osigurati kupcima pouzdanu i sigurnu opskrbu kvalitetnom električnom energijom kao i raspoloživost distribucijske mreže za proizvođače električne energije. Među postupcima s kojima HEP ODS ostvaruje svoje temeljne zadaće operatora distribucijskog sustava su i usluge u funkciji pogona distribucijskog i elektroenergetskog sustava (slika 12.):

- pružanje usluga distribucijskog sustava,
- upravljanje pomoćnim uslugama u distribucijskom sustavu i
- osiguranje pomoćnih usluga sustavu na zahtjev operatora prijenosnog sustava.



Slika 12. Usluge u distribucijskom sustavu, njihovi pružatelji i korisnici [9]

Usluge distribucijskog sustava su temelj djelatnosti distribucije električne energije, one od posebnog značaja za sve korisnike mreže s ciljevima i postupcima za njihovo ostvarenje, prikazane su u tabeli III. Na te usluge se nadograđuju, u njima počiva izvorište pomoćnih usluga iz distribucijskog, elektroenergetskog sustavu [10]. U tabeli III. je za svaku ustaljenu funkciju prikazan cilj usluge, postupak i što ili tko doprinosi ostvarenju usluge.

Tabela III. Ustaljene funkcije i pomoćne usluge u distribucijskom sustavu kojima se ostvaruju [10]

Značajke pružanja usluge	Pomoćne usluge u distribucijskom sustavu kao izvorište usluga sustavu				
	Podrška frekvenciji napona	Održavanje kakvoće napona	Održavanje neprekinutosti napajanja	Ponovna uspostava napajanja	Vođenje pogona
Cilj	Održanje vrijednosti u dopuštenom području.	Održanje vrijednosti u dopuštenom području. Ograničenje propada napona kod kratkog spoja.	Prihvatljiv broj i trajanje prekida iz planiranih i neplaniranih razloga.	Opravdano trajanje ponovne uspostave napajanja nakon prekida	Visoka razina kakvoće opskrbe ostvarena uslugama DEES-a.
Postupak	Podfrekventno rasterećenje. Uvjeti za odvajanje elektrana kod poremećaja frekvencije. Pomoćna usluga regulacijom snage elektrane kod poremećaja frekvencije.	Regulacija napona na transformatoru SN/NN. Naponom uvjetovano upravljanje snagom P elektrana. Naponom uvjetovano rasterećenje mreže. Gospodarenje jalovom snagom Q raspoloživih izvora u mrežu. Utjecaj na snagu kratkog spoja.	Osiguranje $n - 1$ vodova u mreži. Raspolaganje s dostatnim kapacitetom jedinica mreže. Učinkovit razvoj SDV-a. Automatizacija po dubini mreže. Automatizacija prekapčanja. Rad pod naponom.	Izvođenje sklopnih radnji za ograničenje posljedica poremećaja i kvara. Osmišljeno stavljanja u otočni pogon elektrane i dijela opterećene mreže. Korištenje crnog starta elektrana.	Planiranja optimalnog pogona. Nadzor pogona mreže. Upravljanje tokovima snaga. Izvođenje sklopnih radnji. Koordinacija pomoćnih usluga u DEES-u. Koordinacija pogona DEES i EES.
Doprinos	Mogućnost upravljanja opterećenjem. Pomoćna usluga elektrana i spremnika uređena ugovorom.	Kompenzacija jalove snage kod kupaca. Elektrane s mogućnosti regulacije jalove snage. Regulacija na transformatoru SN/NN. Upravljanje opterećenjem. Sustav koordinacije regulacija napona i tokova jalove snage.	Analiza pouzdanosti i sigurnosti pogona mreže. Izbor povoljnog redovnog uklopnog stanja u mreži. Pouzdanost i raspoloživost rada sastavnica mreže kroz održavanje	Elektrane s crnim startom i sposobnošću rada u otočnom pogonu. Razvijen SDV-a. Organizacija pogonske sprema za intervencije	Razvijen SDV s jedinicama mreže i elektranama. Sposobna standardizirana IK infrastruktura. Uređenost operativnih odnosa HOPS- ODS i operatora elektrana.

Kako odredbe ZoTEE uređuju prava, dužnosti i odgovornosti proizvođača, OPS-a i ODS-a te kupaca glede pomoćnih usluga u sustavu, napose i glede sigurnosti opskrbe u sustavu, **vrijeme je za uspostavu sustava pružanja pomoćnih usluga u distribucijskoj mreži**, a u uvjetima funkcionalnog tržišta električne energije uz njih valja utvrditi i cijenu njihovog pružanja.

ODS mora razraditi tehničke uvjete ostvarenja svih ustaljenih funkcija iz tabele III. kroz pomoćne usluge korisnika mreže, za danas i za sutra. On mora ovladati primanjem i pružanjem pomoćnih usluga za što je pak važno poznavati sposobnosti proizvodnih i potrošačkih postrojenja u distribucijskoj mreži. Prepoznavši te mogućnosti ODS ih može koristiti preko pojedinačnih ugovora.

Za pružanje pomoćne usluge u distribucijskom sustavu mogu se udružiti više korisnika mreže koji raspolažu s jedinicama upravljive potrošnje ili distribuirane proizvodnje (objedinjavanje potrošnje/proizvodnje), a kojima je prihvaćen postupak i isprave s kojima se dokazala sposobnost izvršenja pomoćne usluge. Udruženi korisnici imenuju operatora udruženih korisnika mreže za pružanje pomoćne usluge s punomoćima za sve odnose s ODS-om.

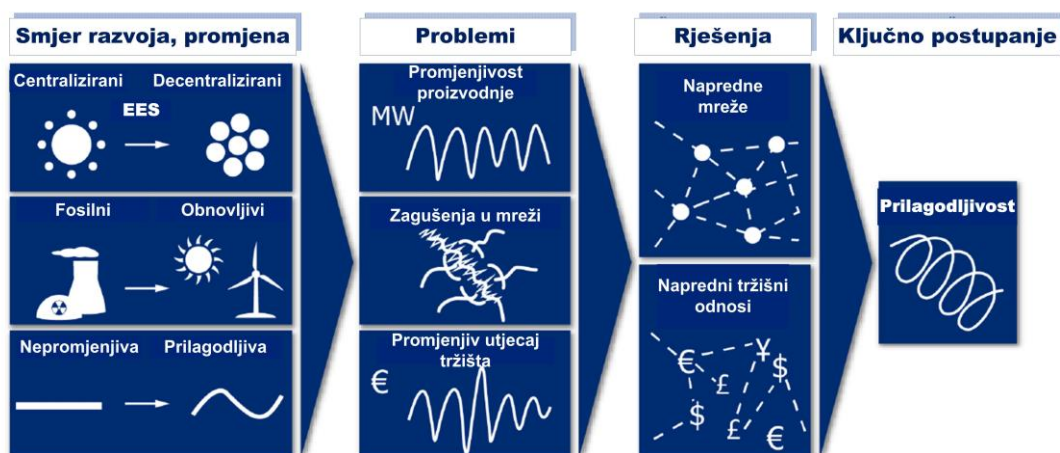
Na tim znanjima i vještinama moći će odgovoriti na zakonom utemeljen zahtjev OPS-a za pružanje usluge sustavu. Dva operatora sustava pak trebaju sklopiti ugovore o pružanju pomoćnih usluga iz distribucijskog sustava radi ostvarenja usluga sustavu. To bi bio prvi čin za ponos jedne tradicionalne elektroprivredne djelatnosti čija uloga i odgovornost raste sa zamašnjakom energetske evolucije.

3.4. Neka bitna motrišta o sposobnosti pružanja pomoćnih usluga sustavu

3.4.1. Prilagodljivost proizvodnje i potrošnje potrebama pogona

Više električne energije iz obnovljivih izvora energije - to je središnji cilj energetske evolucije, odnosno, promjena u EES-u. Kako ostvariti taj cilj, a ne ugroziti sigurnost opskrbe? Uvijek postoje različite mogućnosti rješavanja pojedinačnih problema, ali i ona rješenje koja postaju kameni temeljci za oblikovanje trajnih rješenja budućeg sustava.

Preduvjet je prepoznati značajke energetske evolucije i problem koji ona donosi kroz veliki udjel obnovljivih izvora energije u sustavu (slika 13.).



Slika 13. Prilagodljivost je ključ za održivost novih pogonskih odnosa u distribucijskom sustavu.

Problem zahtjeva optimiranje značajki opskrbe električnom energijom u sustavu, što znači pomiriti proizvodnju i potrošnju u svakom trenutku. Kao važno učinkovito rješenje optimiranja sustava je upravljanje s prilagodljivošću (fleksibilnošću) proizvodnje i potrošnje, a nadogradnja tomu ustroj lokalnih i/ili regionalnih tržišta prilagodljivosti) [11].

Prilagodljivost se definira kao promjena napajanja iz proizvodnih jedinica i/ili promjena potražnje kupaca kao odziv na vanjski signal (signal cijene ili pogonski zahtjev), a što se smatra pružanjem pomoćne usluge sustavu.

Trenutačno gotovo svu potrebnu prilagodbu osiguravaju konvencionalne elektrane i reverzibilne te akumulacijske HE, a u manjoj mjeri se koristi regulacija opterećenja za osiguranje minutne rezerve snage. Kako se udjel OIE povećava, povećava se potražnja za funkcijom prilagodbe, jer se i mogućnosti iz konvencionalnih elektrana smanjuju.

ODS mora biti sposoban primijeniti različite načine prilagodbe i upravljanja njome, kako bi optimizirao lokalne ili pogonske značajke cijelog distribucijskog sustava (slika 14.), a okolnosti primjene moraju biti uređene regulatornim propisima.



Slika 14. Prikaz mogućnosti ostvarenja prilagodbe kroz funkcije i sastavnice distribucijskog sustava

ODS treba utvrditi potencijale pojedinih funkcija prilagodbe u distribucijskom sustavu, njihove uvjete uporabe i gospodarsku opravdanost. U svakom primjeru ostvarenja prilagodbe postoji više mogućnosti čiji se učinak mora procijeniti i potom provedbu postupka s njima uskladiti.

Funkcijama prilagodbe može se pridružiti opravdanost povezana s razinom udjela OIE, primjerice za pohranu energije u baterijske spremnike na razini sustava danas je granica udjela kod 40%. Kod malih udjela OIE uporaba funkcije prilagodbe može se koristiti za lokalne učinke u mreži, a kod velikih udjela (>50%) funkcije prilagodbe značajno doprinose funkcijama uravnoteženja EES-a, dakle, tada se iz distribucijskog sustava značajno utječe na stabilnost EES-a.

Ciljanom uporabom mogućnosti prilagodbe na mjestima sa zagušenjem mreže može se djelotvorno izbjeći ulaganja u povećanje kapaciteta mreže, a s druge pak strane pothvati za povećanjem kapaciteta mreže ne smatraju se zasebno mogućnošću prilagodbe, već preduvjetom optimalnog korištenja nekih raspoloživih mogućnosti prilagodbe. Važne su dobre procjene korisnosti jednog ili drugog postupka.

3.4.2. Usklađenost djelovanja operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava

Veliki udjel obnovljivih izvora energije u EES-u, s lokalnim staništem u distribucijskom sustavu, neće glede sigurnosti i stabilnosti sustava te sigurnosti opskrbe, značajno umanjiti ulogu i odgovornost OPS-u koliko će donijeti i učiniti ih značajnim za ODS. No, više nego li ikad u bilo kojim stanjima EES-a, na značenju će dobiti snaga njihovog koordiniranog djelovanja.

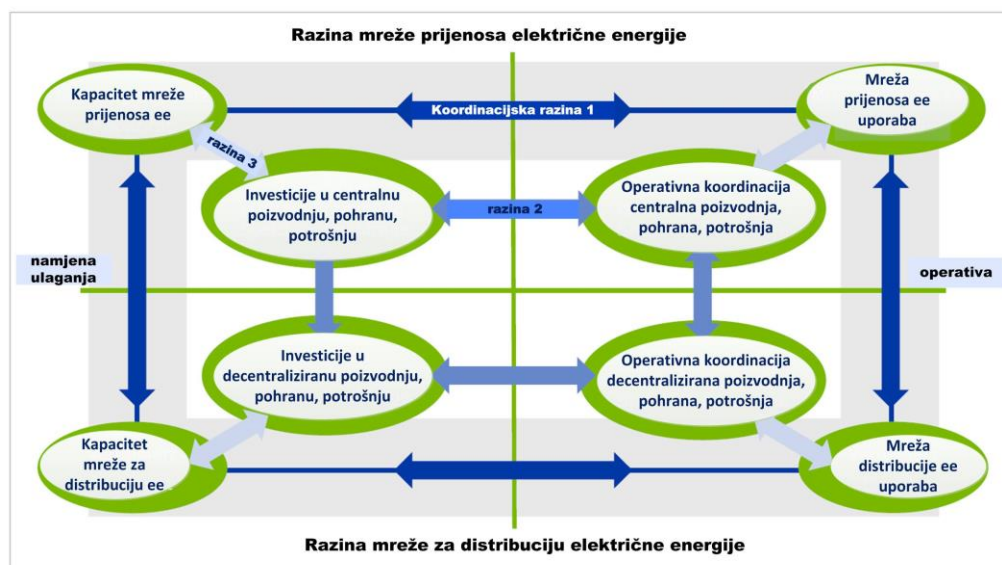
I ondje gdje je nacionalna elektroprivreda strukturirana s nekoliko OPS-a i mnogostruko više ODS-a (primjer Njemačke: 4 : 800) postoji nepodijeljeno stanovište, kako se u budućnosti pružanje usluga sustavu mora ostvariti zajedničkim djelovanjem operatora i to utemeljeno na propisanim pravilima (Njemačka: norma VDE-AR-N4141-1, [19]). U RH brojnost operatora mreže nije problem, ali koordinacija djelovanja u posebnim stanjima sustava pokazuje slabosti.

Svaki ODS i mrežom nadređeni OPS-a trebaju na, temelju propisanih pravila, razviti modele sveobuhvatne suradnje za učinkovita postupanja, od razvoja do pogona mreže. Potrošnja, proizvodnja i pohrana u distribucijskom sustavu moraju preko razvijene funkcije prilagodbe u četiri područja, doprinijeti stabilnosti pogona i sigurnosti opskrbe cijelog sustava i to kroz doprinos za:

- upravljanje zagušenjima u prijenosnoj mreži,
- stabilnosti napona u prijenosnoj mreži,
- regulaciju snage i
- ponovnu uspostavu opskrbe.

Za sustavan prikaz koordinacijskih zadaća u djelovanju OPS-a i ODS-a, u mrežnom i tržišnom okruženju, koristit ćemo shematski prikaz (slika 15.) s prijeko potrebnim tumačenjem [13].

Izgrađeni i postavljeni kapaciteti mreže čine okvir za tržište energije. Slika shematski prikazuje kapacitete mreže i elemente tržišta energije. Koordinacijsko područje tržište – mreža dobije se podjelom sheme u 4 kvadranta. Lijeva strana sheme predstavlja investicijsko područje, a desna strana operativno područje. Razina prijenosne mreže nalazi se u gornjem, a distribucijske mreže u donjem području. Izvan područja sive pozadine je mreža, regulirano područje.



Slika 15. Prikaz koordinacijskih zadaća OPS- a i ODS-a u svezi mreža

Unutar reguliranog vanjskog okvira, nalazi se koordinacija uravnoteženja količine energije između proizvodnje, pohrane i potrošnje, koje predstavljaju unutarnji krugovi pojedinih kvadranta. Unutarnje područje koje predstavlja ulaganje u uporabu centralizirane i decentralizirane proizvodnje, pohrane i potrošnje, predstavlja područje tržišta.

Strelice koordinacijske razine 1 prikazuju kako se u reguliranom području kapaciteti prijenosne i distribucijske mreže moraju međusobno usklađivati kroz investicijska ulaganja. U prošlosti su se mreže za prijenos i distribuciju tako planirane da prije svega mogu podnijeti opterećenje koja se mogu pojaviti u distribucijskim mrežama. U budućnosti se mora slijediti pravilo kako su predmet koordinacije dva operatora operativna uporaba (prije svega kroz sklopne radnje) mrežnih kapaciteta kako unutar tako i između razina mreže.

Baš kao u području mreža, ulaganje u kapacitete u fazi stvaranja lanca vrijednosti proizvodnje i potrošnje, preduvjet je za njihovu uporabu. To je predstavljeno strelicama koordinacijske razine 2 u području djelovanja tržišta.

Konačno, djelovanje tržišnog područja mora biti koordinirano s mrežnim područjem. To znači da se vremenski koordinirano uravnoteženje količine energije između proizvodnje, pohrane i potrošnje mora koordinirati s kapacitetom i uporabom u vanjskom području, kao što to pokazuje koordinacijska strelica razine 3. Mogućnost koordinacije u tržišnom području ovisi o djelokrugu koji dopušta mreža.

Koordinacijska razina 3 tako predstavlja interakciju reguliranog mrežnog područja s tržišnim područjem. Zato što je mrežno područje sa značajkama monopola, regulatorni propisi moraju biti nepristrani glede korištenja mreže od strane tržišnih sudionika. Zato koordinacijska funkcija tržište – mreža mora biti regulirana.

Nedostatak koordinacije između operatora prijenosnog i distribucijskog sustava, u primjeru uporabe funkcije prilagodbe, dovodi barem do tri sljedeća problema:

- **Rizik za sigurnost mreže**

Uporaba funkcije prilagodbe u distribucijskoj mreži bez uzimanja u obzir mjerodavnih veličina stanja u lokalnoj mreži, može dovesti, primjerice, do preopterećenja i ugrožavanja sigurnosti mreže.

- **Nedostatak sinergije**

Ako je istodobno potrebno koristiti prilagodbu za različite primjene, nastaju njeni sinergijski učinci. Neusklađeni pristup dvaju operatora korištenju funkcije prilagodbe može rezultirati neiskorištavanjem sinergije i polučiti negativne učinke, primjerice nepotrebno povećanje troškova pogona mreže i sustava.

- **Nedostatak troškovne učinkovitosti**

Funkcija prilagodbe se danas mora promatrati na različitim tržištima što stvara nepotrebno „razbijanje“ tržišta pa onda nije zajamčena troškovno učinkovita uporaba ove funkcije.

Između pothvata operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava u području pomoćnih usluga u funkciji pogona elektroenergetskog i distribucijskog sustava, mora postojati visoka razina usuglašenosti i koordinacije u njihovom ostvarenju. Kako svaka suradnja počiva na raspolaganju bitnim podatcima, prije nego je potrebno osmisliti napredni sustav razmjene podataka dva operatora, kao i pravila postupanja kad razmjena bude ometana ili prekinuta.

3.4.3. Bitne promjene pogona EES-a kroz pomoćne usluge iz distribucijskog sustava

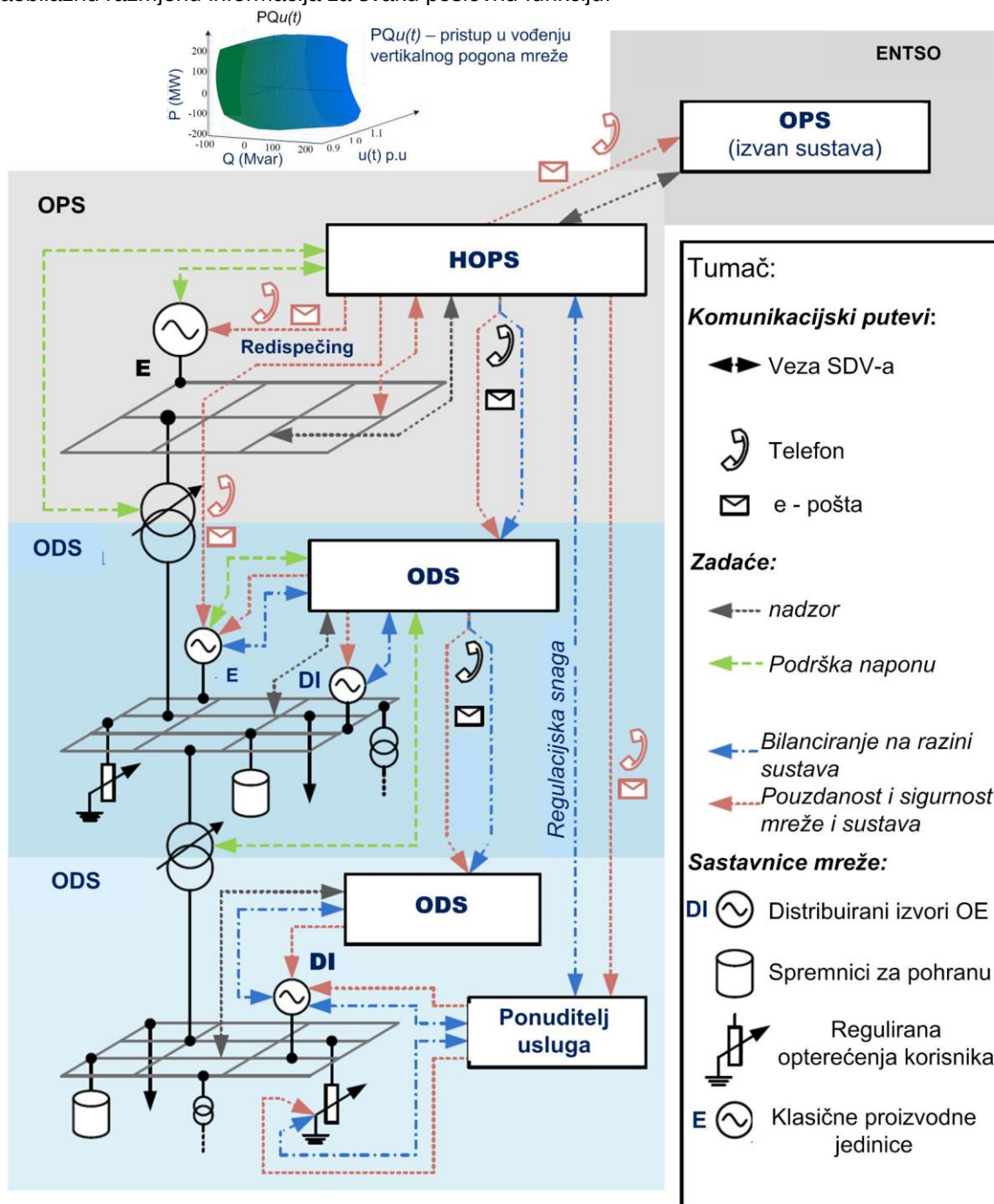
Energetska evolucija donijela je i evoluciju EES-a, promjenu iz centraliziranog u decentralizirani sustav proizvodnje el. energije. Distribuirani izvori obnovljive energije zaposjedaju distribucijski sustav i uspostavljaju dvosmjerne tokove energije preko sučelja prijenosne i distribucijske mreže. U odnosu na vrijeme potpuno centralizirane proizvodnje EES je okrenut „naglavačke“, a kod velikog udjela instalirane snage decentralizirane proizvodnje i sposobne tehnologije distribuiranih izvora, iz aktivnog distribucijskog sustava moguće je pružiti pomoćne usluge EES-u za ustaljene funkcije iz mjerodavnosti OPS-a.

Raspoloživost pomoćne usluge iz distribucijskog sustava, promijeniti će naš ustaljeni pristup pogonu EES-a u kojem je prevladavalo gledište o dva sustava, prijenosa i distribucije. Uvažavajući i nezaobilazan položaj energetske subjektu nastalih uvođenjem tržišta električne energije, sustavi se funkcionalno povezuju (slika 16) u ostvarenju manje-više svih pogonskih zadaća (održavanje frekvencije i napona, vođenje pogona, ponovna uspostava pogona).

Održivost i pothvati vođenje pogona sustava uvijek počivaju na njegovom stanju (normalno, poremećeno, kvarno, stanje velikog poremećaja).

Kao veličine sustava koje pak opisuju stanje sučelja mreža u njemu, uzimaju se: kompleksne vrijednosti napona čvora $\underline{U}$, struje grane $\underline{I}$, prividna snaga $\underline{S}$, kao i aktivna i reaktivna snaga (P i Q). Kako je u nadomjesnom prikazu pogonskog stanja sučelja između mrežnih operatera mjerodavna razmjena toka snage kao sistemske veličine, vjerodostojno je za predstavljanje pogonskog stanja sučelja koristiti veličine P i Q . Za cjeline, povezane područne prijenosne i distribucijske mreže, potrebno je poznavati ove veličine kao PQ sposobnost [14].

Unatoč poznatim odnosima između tokova snaga P i Q s naponom čvora $u(t)$, provedena istraživanja u mrežama sa snažnom decentraliziranom proizvodnjom potvrdila su i hipotezu kako su granične vrijednost P i Q područnih mreža određene promjenama napona čvora $u(t)$ na sučelju dviju mreža. Kako pak P i Q te napon $u(t)$ sučelja mreže ponajbolje govore o stanju pogona, pružanje pomoćne usluge iz distribucijskog sustava može počivati na stanju „ $PQu(t)$ “ (primjer na dijagramu u slici 13.) uz nezaobilaznu razmjenu informacija za svaku poslovnu funkciju.



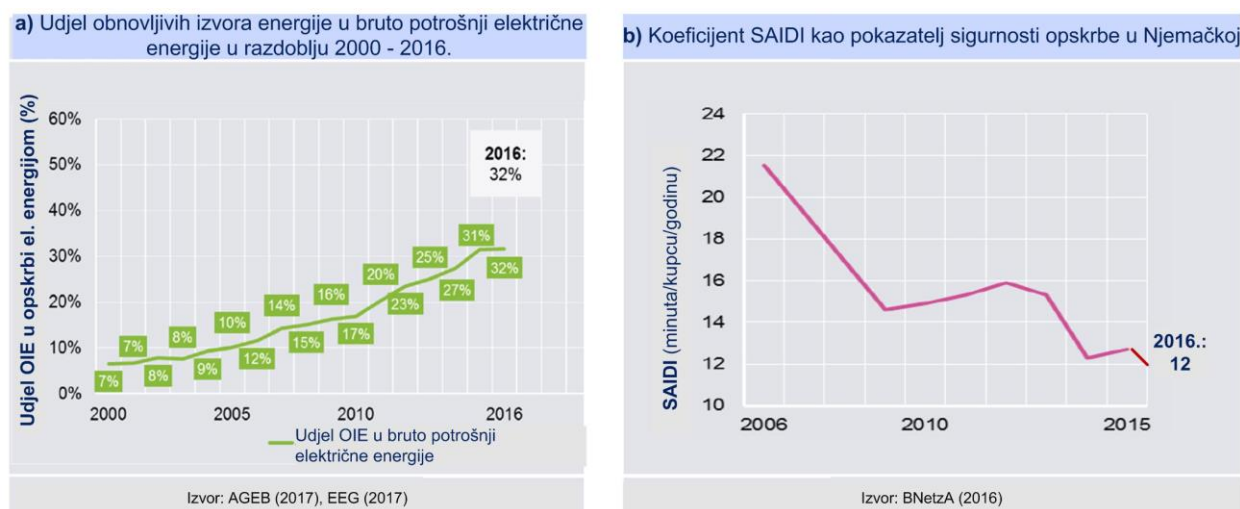
Slika 16. Povezanost sudionika mreže i tržišta u ostvarenju stabilnog i pouzdanog pogona EES uporabom pomoćnih usluga iz distribucijskog sustava.

Pristup pogonu područnih mreža u EU pod utjecajem energetske evolucije iznjedrio je, obzirom na ulogu OPS-a, dvije prakse koje bismo mogli opisati riječima kao centralistički i hijerarhijski pristup, a ovu potonju upražnjavamo u RH.

Aktivna distribucijska mreža s mogućnošću pružanja pomoćnih usluga sustavu traži promjenu paradigme i u tom području. Kako bi se izbjegli nedostaci obje prakse, a sposobnost pružanja pomoćne usluge potpuno iskoristila za stabilnost i sigurnost pogona sustava, predlaže se pristup pod nazivom „*vertikalni pogon mreže*“ koji počiva na neprekinutoj koordinaciji vođenja pogona dviju mreža osmišljenim algoritmima koji njihov pogon objedinjavaju u svakom trenutku. Za usluge održanja frekvencije i napona istaknuto je načelo vođenja prema stanju i sposobnosti „PQu(t)“ (slika 16.).

Pozornog čitatelja sigurno će „kopkati“ pitanje: Prepoznaje li se kod sustava kod kojih se već ostvarilo radikalno povećanja udjela OIE kolebljive primarne snage u podmirenju bruto potrošnje (npr. >30%), a izvori su dominantno u distribucijskom sustavu, ugroza sigurnosti opskrbe?

Slika 17. Prikazuje usporedbu kretanje (rast) udjela OIE u opskrbi el. energijom s kretanjem vrijednosti koeficijenta SAIDI kao pokazatelja sigurnosti opskrbe u SR Njemačkoj.



Slika 17. O ugrozi sigurnosti opskrbe (pouzdanosti napajanja) povećanjem udjela OIE kolebljive snage

Samo usporedba dijagrama rekla bi kako nema ugroze, što jest točno ali zašto? Odgovor je: zbog primjene brojnih pronalaza tehničkih rješenja i postupanja u vođenju pogona utemeljenih na studijskim istraživanjima, primjeni rezultata pilot projekata i disciplini primjene propisa s učinkovitim odredbama i razvidnoj odgovornosti subjekata (npr. [20]).

4. ZAKLJUČAK

Energetska evolucija, koja izražava promjenu u opskrbi električnom energijom od proizvodnje iz fosilnih goriva prema proizvodnji iz obnovljivih izvora energije, naš je put u sigurnu, po okoliš održivu i gospodarski prihvatljivu opskrbu električnom energijom, to je naš put u energetska budućnost koja nudi budućnost životu.

Filozofija energetske evolucije odbacuje pristup izbora prema načelu isključivosti, „ili – ili“, između OIE i elektrana na fosilna goriva, jer čovječanstvo će na svom energetska putu dugo trebati oboje. Kako bi ta sinergija dugo trajala, mora se usporiti trošenje rezervi fosilnih goriva, a to je moguće povećanjem udjela OIE u podmirenju potrošnje električne energije u EES.

Uz prilagodbu EES-a energetska evoluciji puno se toga stavlja na kocku, a među važnim značajkama sigurnost i pouzdanost pogona sustava i sigurnost opskrbe. Neuspjeh filozofije energetske evolucije donio bi gospodarsko i društveno zastajanje do stvaranja plana za novo energetska doba i moguće, neka njegova čudoređa. No svijet je bez dvojbe, rizik se mora preuzeti.

Dakle, proces energetske evolucije znači porast udjela proizvodnje iz obnovljivih izvora energije i pad udjela klasičnih elektrana, te kako to nije slučajni događaj već opredjeljenje i neizbježan put čovječanstva, uloga pomoćnih usluga u elektroenergetskom sustavu iz tih izvora postaje neizbježna. Pred tom ulogom elektrana s obnovljivim izvorima energije postavljaju se zahtjevi koji će njihov doprinos sigurnosti i pouzdanosti rada sustava i sigurnosti opskrbe učiniti dostatnim.

Na tim neminovnostima elektroenergetike istražuju se i stvaraju tehnologije proizvodnje električne energije s višom razinom upravljivosti, prilagodljivosti i predvidivosti. Kad prirodne zakonitosti, primjerice noć ili dani bez sunčevih zraka, onemogućuju prijeko potrebnu raspoloživost proizvodnje tih elektrana, pridružuju im se spremnici za pohranu električne energije kao kapacitet za pomoćne usluge u funkciji uravnoteženju sustava, održanju napona i obnovu opskrbe.

Kako se radikalizacija klimatske politike EU za smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2030. godine oslanja na povećanje udjela OIE, bez velikih HE na prijenosnoj mreži (!), u podmirenju neposredne potrošnje na ≥ 27 , % to posljedično znači „zasićenje” distribucijske mreže s OIE. Jer, energetska evolucija se snažno razvija u distribucijskom sustavu, ona u njemu stanuje. Preko 70% instalirane snage OIE pripada NN razini distribucijske mreže, a približno 24% instalirane snage pripada pak SN razini.

Vrijeme današnje nas usmjerava na istraživanje sposobnosti i osmišljavanje pružanja pomoćnih usluga u distribucijskom sustavu kao i distribucijskog sustava elektroenergetskom sustavu. Na tragu ovog referata dajemo slijedeće preporuke:

- HOPS i ODS trebaju izraditi sveobuhvatne studije (radni naslovi):
 - Sigurnost i pouzdanost pogona EES-a u uvjetima velikog udjela OIE kolebljive primarne snage u distribucijskom sustavu,
 - Pomoćne usluge u distribucijskom sustavu za korisnike i za elektroenergetski sustav.
- Osmisliti i provesti nekolicinu pilot projekata koji provjeravaju i podržavaju preporuke studija te pomažu izboru ispravnih odredbi u tržišnom i regulatornom zakonodavnom okviru.
- Mjerodavna zakonodavna tijela trebaju urediti zakonodavni okvir kojim će se u funkciji sigurnosti i stabilnosti pogona elektroenergetskog sustava i sigurnosti opskrbe urediti:
 - pružanje pomoćnih usluga u elektroenergetskom sustavu,
 - pružanje pomoćnih usluga u distribucijskom sustavu,
 - koordinacije djelovanja HOPS-a i ODS-a.
 - ostvarenje funkcije prilagodbe proizvodnje i potrošnje u distribucijskom sustavu,
 - tržišne i regulirane naknade u području korištenja mreže i pružanja pomoćnih usluga,
 - ...

Kad ODS preuzme ulogu i odgovornost za pružanje pomoćnih usluga EES-u iz distribucijskog sustava, biti će povijesni događaj, trenutak u kojem će prestati svaka sumnja u važnost distribucijskog sustava za stabilnost pogona EES-a, trenutak koji će pobijediti sve antagonizme između djelatnosti prijenosa i distribucije i trenutak u kojem će se djelatnost distribucije električne energije moći osjećati ponosnom. Taj događaj više nije tlapnja.

5. LITERATURA

- [1] D. Karavidović: „Distribucijski sustav i njegov operator u vrtlogu energetske evolucije“ pozvani referat na 8. Dani inženjera elektrotehnike, Zadar 2015. godina.
- [2] D. Karavidović: „Energetska evolucija i njen utjecaj na distribucijski susav“, referat na 5. Savjetovanju HO CIRED, Osijek, svibanj 2016. Godine.
- [3] D. Karavidović: „Tenološki i zakonodavni okvir budućeg pogona distribucijskog sustava“ pozvani referat za DAGIT Vinkovci, travanj 2017. godine.
- [4] HROTE; Godišnji izvještaji o proizvodnji OIE u sustavu poticaja i nositelja projekata“, izvješće za 2017. godinu.
- [5] BDEW; „Strom 2030, Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre“, studija, BDEW, Berlin, listopad 2016.
- [6] Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser; „Erweiterte Verantwortung der Verteilnetzbetreiber“, Studija IAEW, Aachen prosinac 2016.
- [7] E-Bridge, MITNetz: „Zukünftige Rolle des Verteilnetzbetreibers in der Energiewende“, studija, 2016.
- [8] 10-Punkte-Programm Systemdienstleistungen VNB und ÜNB der Regelzone 50Hertz; „Weiterentwicklung der Systemdienstleistungen (SDL) mit Integration der Möglichkeiten von dezentralen Energieanlagen“, Berlin, rujan 2014. godine.

- [9] Damir Karavidović; „Metodologija za određivanje cijena i uvjeta za pružanje pomoćnih usluga u distribucijskom sustavu“, prijedlog, autorski rad, kolovoz 2015.
- [10] Deutsche Energie Agentur; „dena-Studie Systemdienstleistungen 2030.“, studija, Berlin veljača 2014. godine.
- [11] EnergieAgentur.NRW; „Flexibilität - Eine wichtige Säule der Energiewende. Flexible Lösungen aus und für Nordrhein-Westfalen.
- [12] E – Bridge; „Sichere und effiziente Koordinierung von Flexibilitäten im Verteilnetz“, Studija naručena od njemačkih operatora distribucijske mreže,
- [13] Swiss Economics – Ecofys; „Zukünftige Energiemärkte und die Rolle der Netzbetreiber“ Endbericht, studija, ožujak 2015. godine
- [14] Robert Schwerdfeger; Vertikaler Netzbetrieb - ein Ansatz zur Koordination von Netzbetriebsinstanzen verschiedener Netzebenen, Technischen Universität Ilmenau 2017., Dissertation
- [15] Seminar HO CIRED: „Tržište električne energije na razini distribucijskog sustava“, prezentacije autora, Zagreb, svibanj 2017.,
- [16] VDE/FNN; Vom Netz zum System - der Fahrplan für die Weiterentwicklung der Netze 2017 – 2021, Berlin. studeni 2017. g.
- [17] VDE-ITG; „VDE Positionspapier Energieinformationsnetze und -systeme Teil B Geschäftsmodelle“, Frankfurt 2012.
- [18] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: „Moderne Verteilernetze für Deutschland (Verteilernetzstudie)“, BMWi studija, Berlin studeni 2015.
- [19] Norma VDE-AR-N 4141-1; Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von Netzbetreibern – Schnittstelle Übertragungs – und Verteilnetze.
- [20] Norma VDE-AR-N 4140; „Kaskade - die Zusammenarbeit von Netzbetreibern über alle Netzebenen hinweg im Falle einer Gefährdung und Störung der Systemsicherheit“.