

VSESLOVENSKA ENERGETSKA KONFERENCA



16.-17. oktober 2024
Cankarjev dom v Ljubljani



vseslovenska.si

**ENERGETSKA
PRIHODNOST**
IN POT V
NIZKOOGLJIČNO DRUŽBO

Zbornik prispevkov

VSESLOVENSKA ENERGETSKA KONFERENCA

Energetska prihodnost in pot v nizkoogljično družbo
16. in 17. oktober 2024, Cankarjev dom

www.vseslovenska.si

KAZALO:

3...	1. Uvodni nagovor
4...	2. Odbori konference
4...	- Organizacijski odbor
4...	- Programski odbor
5...	3. Program Vseslovenske energetske konference
5...	- Sreda, 16. oktober 2024
7...	- Četrtek, 17. oktober 2024
12...	- Poster sekcija
14...	4. Kazalo predavanj
54...	5. Kazalo prispevkov
56...	6. Linhartova dvorana
130...	7. Štihoa dvorana
190...	8. Dvorana M3
234...	9. Kazalo poster sekcij
276...	10. Pokrovitelji

KOLOFON:

Vseslovenska energetska konferenca
16. in 17. oktober 2024, Cankarjev dom

Naslov: Zbornik prispevkov

Predsednika konference:

Marko Hrast, predsednik Združenja CIGRE – CIRE
prof. Alojz Poredoš, predsednik Slovenskega
združenja za energetiko SZE

Izdajatelj:

Slovensko Združenje elektroenergetikov CIG-
RE– CIRE in
Slovensko združenje za energetiko SZE

Kraj izida: Ljubljana

Sedež založnikov:

Združenje CIGRE – CIRE
Tehnološki park 20
1000 Ljubljana

SZE

Pot za Brdom 100
1000 Ljubljana

Urednici: Andreja Cigale, Barbara Kozamernik
Oblikovanje: Žiga Zadnik

Leto izdaje: 2024

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI](https://cobiss.si)-ID [211532547](https://cobiss.si)

ISBN 978-961-6265-40-9 (Slovensko združenje
elektroenergetikov CIGRE - CIRE, PDF)

1. UVODNI NAGOVOR

Svet in z njim Slovenijo zaznamujejo podnebne spremembe, zato je naša najpomembnejša naloga zmanjšati vplive na okolje. Dejavnost, ki k temu lahko največ prispeva, je energetika. Slovenski energetski strokovnjaki čutimo odgovornost in dolžnost, da iščemo najbolj ustrezno pot v nizkoogljično prihodnost. Tako obsežen proces je mogoče izvesti samo z dobro zastavljenimi strategijami, vlaganji v razvoj in inovacije ter skupnim nastopom vseh sektorjev še do pred kratkim dokaj razdeljene panoge energetike. Za uspešno doseganje zastavljenih ciljev je torej nujno sodelovanje različnih energetskih strokovnjakov.

Iskanje skupnih rešitev nas je privedlo do spoznanja, da moramo pred vsako odločitvijo temeljito spoznati in analizirati vse vidike procesa, naše posebne okoliščine ter tehnologijo in zagotoviti znanje ter kadre.

Cilj konference je slovenski javnosti in odločevalcem energetske politike podati celovit pogled na bodoči razvoj energetike kot celote. Na konferenci bodo zastopana vsa področja, ki vplivajo na stanje, razvoj in cilje v energetiki, kot so trajnostni viri energije, omrežja, oskrba z elektriko, plini, toploto, hladom, ekonomika in družbeni vidiki energetike, vloga

**V ta namen smo
v Slovenskem
združenju za
energetiko (SZE) ter
Slovenskem združenju za
elektroenergetiko CIGRE-
CIRED združili moči v organizaciji
skupne Vseslovenske
energetske konference,
ki bo povezala vse
energetske sektorje
na Slovenskem.**



porabnikov energije, razvoj prometa v povezavi z energetiko. Konferenca se bo osredotočala na energetske in ekonomsko učinkovitost oskrbe z energije. Posebej bodo izpostavljeni vsi členi v verigi energetske oskrbe od proizvodnje preko prenosa in distribucije ter končne rabe.

Verjamemo, da bo konferenca odlična priložnost za izmenjavo strokovnih mnenj ter za oblikovanje enotnega stališča energetske stroke do razvojnih smeri slovenske energetike. Z zaključki konference bomo združeni vsi energetski sektorji poslali poziv političnim odločevalcem, da morajo strokovne odločitve v največji možni meri upoštevati.

Marko Hrast
Predsednik Združenja CIGRE – CIRED



prof. Alojz Poredoš
Predsednik Slovenskega združenja
za energetiko SZE



2. ODBORI KONFERENCE

ORGANIZACIJSKI ODBOR:

- Marko Hrast, Slovensko združenje elektrotehnikov CIGRE-CIRED
- Alojz Poredoš, Slovensko združenje za energetiko SZE
- Krešimir Bakič, Slovensko združenje elektrotehnikov CIGRE-CIRED
- Dejan Koletnik, Slovensko združenje za energetiko SZE
- Uroš Kerin, Slovensko združenje elektrotehnikov CIGRE-CIRED
- Franc Žlahtič, Slovensko združenje za energetiko SZE
- Jernej Majcen, Slovensko združenje elektrotehnikov CIGRE-CIRED
- Žiga Zadnik, Slovensko združenje za energetiko SZE
- Barbara Kozamernik, Slovensko združenje elektrotehnikov CIGRE-CIRED
- Andreja Cigale, Slovensko združenje za energetiko SZE

Org.anizacijski odbor



PROGRAMSKI ODBOR:

Koordinator programskega odbora: Krešimir Bakič,
Združenje CIGRE-CIRED, predsednik NS

Člani:

- prof. Leon Cizelj, Inštitut Jožef Stefan
- Marko Hrast, predsednik CIGRE-CIRED
- prof. Nevenka Hrovatin, UL Ekonomska fakulteta
- Miha Dominko, IER
- prof. Tomaž Katrašnik, UL Fakulteta za strojništvo
- Dejan Koletnik, SZE, Plinovodi
- Stane Merše, IJS
- Aleksander Mervar, predsednik Energetske zbornice
- prof. Dušan Plut, UL Filozofska fakulteta
- prof. Alojz Poredoš, predsednik SZE, SAZU
- Uroš Salobir, Eles
- Ivan Šmon, El. Gorenjska, WEC Predsednik NC Slovenia
- prof. Marko Topič, UL, Fakultete za elektrotehniko
- Jože Torkar, SZE, Kolektor
- Andrej Tumpej, Dravske elektrarne
- Tomaž Žagar, GEN Energija, predsednik Društva JS Slovenije
- Franc Žlahtič, Agencija za energijo – predsednik sveta Agencije za energijo

Programski odbor



3. PROGRAM

SREDA, 16. OKTOBER 2024

PROGRAM VABLJENIH PREDAVANJ,
Cankarjev dom, Linhartova dvorana

Moderatorica konference: Mojca Černelč-Koprivnikar



08.00 - 09.00	Registracija udeležencev konference
09.00 - 09.30	Otvoritev s himno in pozdravnimi nagovori - Himna: Trio violina - Marko Hrast, predsednik Združenja CIGRE – CIRED - akad. prof. Peter Štih, predsednik SAZU
09.30 - 09.55	Je mogoč zeleni prehod zgolj z OVE? Aleksander Mervar, predsednik Energetske zbornice Slovenije
09.55 - 10.20	Razvoj energetskega sistema Slovenije: Pot do trajnostne prihodnosti v skladu s podnebnimi zavezami do leta 2050 Boris Sučič, Inštitut Jožef Stefan
10.20 - 10.45	Pomen učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v energetskem prehodu Slovenije prof. Alojz Poredoš, Slovensko združenje za energetiko
10.45 - 11.10	Izzivi merjenja makroekonomskih učinkov zelenega prehoda Miha Dominko, Inštitut za ekonomske raziskave
11.10 - 11.30	Odmor in mreženje
Moderatorja:	prof. Alojz Poredoš in Marko Hrast
11.30 - 11.50	Energetski sistemi prihodnosti Uroš Salobir, ELES
11.50 - 12.10	Preobrazba plina in prihodnja vloga vodika Dejan Koletnik, SZE, Plinovodi
12.10 - 12.30	Status in razvojne priložnosti jedrske energije v Sloveniji in v svetu prof. Leon Cizelj, Inštitut Jožef Stefan
12.30 - 12.50	Energetske skupnosti in drugi gradniki trajnostnega energetskega prehoda Slovenije prof. Dušan Plut, UL, Filozofska fakulteta
12.50 - 13.10	Uresničitev vizije fotovoltaike do 2050 skozi prizmo tehnoloških in netehnoloških izzivov prof. Marko Topič, UL, Fakulteta za elektrotehniko
13.10 - 13.30	Toplota, hlad in sektorsko povezovanje za večjo energetsko učinkovitost Jože Torkar, Slovensko združenje za energetiko

13.30 - 14.30 Odmor za kosilo

Moderatorja: prof. Nevenka Hrovatin in prof. Tomaž Katrašnik

14.30 - 14.45 Ekonomski, okoljski in družbeni vidiki oskrbe in rabe energije

Nevenka Hrovatin, UL, Ekonomska fakulteta

14.45 - 15.30 Udeleženci omizja:

- Duška Godina, Agencija za energijo
- Dejan Paravan, GEN Energija
- Jonas Sonnenschein, Umanotera
- Matija Bitenc, Plinovodi
- Aleš Prešern, Siemens Energy

15.30 - 15.45 Razvoj infrastrukture in elektrifikacije vozil v Sloveniji

prof. Tomaž Katrašnik, UL Fakulteta za strojništvo

15.45 - 16.30 Udeleženci omizja:

- Dušan Lukič, Porsche Slovenija
- Matjaž Česen, Inštitut Jožef Stefan CEU
- Uroš Blažica, predsednik skupščine GIZ DEE
- Darko Trajanov, MOPE, Direktorat za prometno politiko

16.30 - 17.00 Zaključki in zaključno sporočilo

prof. Alojz Poredoš, SZE in Marko Hrast, CIGRE-CIRED

Udeleženci omizja:

- Tomaž Katrašnik, UL FS
- prof. Nevenka Hrovatin, UL EF
- Uroš Kerin, ELES
- Franc Žlahtič, SZE
- Krešimir Bakič, CIGRE-CIRED

Razvoj infrastrukture in elektrifikacije vozil v Sloveniji

prof. Tomaž Katrašnik, UL Fakulteta za strojništvo

17.00 - 18.00 Druženje in mreženje

**ENERGETSKA
PRIHODNOST**
IN POT V
NIZKOOGLJIČNO DRUŽBO

**VSESLOVENSKA
ENERGETSKA
KONFERENCA**



ČETRTEK, 17. OKTOBER 2024

Predstavitve prispevkov bodo potekale v Linhartovi dvorani, Štihovi Dvorani ter v dvorani M3. V poster sekciji bodo predstavitve prispevkov v I. preddverju Cankarjevega doma.

Ura	Linhartova dvorana	Štihova dvorana	Dvorana M3
09.00 - 11.00	PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE Moderatorja: Andrej Tumpej, Alojz Poredoš	PT2 – PRENOS IN DISTRIBUCIJA ENERGIJE Moderatorja: Marko Hrast, Dejan Koletnik	PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO Moderatorja: Jelena Zorič, Jonas Sonnenschein
11.00 - 11.30	Odmor		
11.30 - 13.30	PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE Moderatorja: Andrej Tumpej, Alojz Poredoš	PT2 – PRENOS IN DISTRIBUCIJA ENERGIJE Moderatorja: Marko Hrast, Dejan Koletnik	PT3 – RABA ENERGIJE IN UPRAVLJANJE Z ENERGIJO Moderatorja: Gregor Jeglič, Uroš Kerin
13.30 - 14.30	Kosilo		
14.30 - 16.30	PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE Moderatorja: Andrej Tumpej, Alojz Poredoš	PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO Moderatorja: Jelena Zorič, Jonas Sonnenschein	PT3 – RABA ENERGIJE IN UPRAVLJANJE Z ENERGIJO Moderatorja: Gregor Jeglič, Uroš Kerin
16.30 - 16.45	Zaključki moderatorjev		



PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE

Moderatorja: Andrej Tumpej in Alojz Poredoš

Podteme:

- Obnovljivi viri energije (sonce, veter, voda, biomasa, geotermalna energija ...)
 - Potenciali Slovenije, raziskave, analize, primeri dobre prakse
 - Hidroelektrarne, spodbude hitrejšega razvoja, vključevanje slovenske industrije
 - Solarne elektrarne in problematika vključitve v javno omrežje
- Jedrska energija – primerne enote za Slovenijo (klasične, SMR), izkoriščanje toplote
- Toplota – razvoj učinkovite, in okolju prijazne tehnologije za industrijo in javno rabo
- Sektorsko sodelovanje različnih virov energije

09.00 - 11.00**Predstavitve prispevkov**

- Mitja Tašler, Branko Debeljak: **TEŠ po premogu**
- Iztok Mori: **Šaleška dolina – na zeleno do kakovostnega življenja**
- Mojca Božič, Boštjan Gregorc, Nina Rman, Štefan Hozjan in Darko Goričanec: **Pilotna geotermična elektrarna na vrtini Pg-8 v Lendavi**
- Mojca Božič, Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc: **Predelava plavja v lesne sekance za proizvodnjo električne in toplotne energije**
- Marko Kolenc, Nikola Rebič, Aljoša Deželak, Klemen Dragaš: **Prepoznava in vrednotenje ustreznih lokacij za izgradnjo obnovljivih virov električne energije**
- Miha Grabner: **Napovedovanje proizvodnje iz sončnih elektrarn in predstavitev platforme Slovenija – Solar**

11.00 - 11.30**Odmor in mreženje****11.30 - 13.30****Predstavitve prispevkov**

- Damjan Seme, Boštjan Gregorc, Sandi Ritlop: **Strateške energetske rešitve: ČHE Kozjak in 2x440 kV daljnovidna povezava**
- Jure Šimic: **Večnamenskost hidroelektrarn s svojimi pregradami v Sloveniji**
- Aleš Kirbiš: **Rekonstrukcija HE Formin in jezu Markovci**
- Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek, Jurij Kurnik, Robert Bergant: **Priključitev JEK2 z močjo do 2400 MW na elektroenergetski sistem Slovenije**
- Jan Lokar, Monika Žmavc, Kaja Naglič, Tomaž Žagar in Kruno Abramovič: **Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza projekta JEK2**
- Jonas Sonnenschein: **Ekonomika jedrske novogradnje v Sloveniji: od preozke finančne analize do temeljite ocene družbenih stroškov in koristi ter tveganj**

13.30 - 14.30**Kosilo****14.30 - 16.30****Predstavitve prispevkov**

- Jan Lokar, Klemen Debelak, Robert Bergant: **Potencial uporabe kogeneracije za JEK2**
- Klemen Debelak, Gregor Srpič, Jan Lokar: **GEN energija in prihodnost jedrske energije z majhnimi modularnimi reaktorji**
- Mitja Pšaker, Dejan Matvoz, Jernej Lasnik: **Vpliv OVE in BHEE na stabilnost obratovanja EES – sistemski vidik in rešitve**
- Bojan Miličič, David Kešelj, Iztok Špacepan, Matjaž Eberlin: **Leonardo – platforma za trenutno in kratkoročno napovedovanje proizvodnje električne energije OVE**
- Klemen Rola, Sven Gruber, Danijela Urbančl, Darko Goričanec: **Hibridni SOFC sistem za trajnostno sočasno proizvodnjo toplote in elektrike**
- Luka Lešnik, Matjaž Hriberšek, Timi Gomboc, Luka Kevorkijan, Gorazd Bombek, Julija Volmajer Valh, Ignacija Biluš: **Termična in katalitična piroliza odpadkov z namenom pridobivanja sekundarnih surovin in energentov**



PT2 – PRENOS IN DISTRIBUCIJA ENERGIJE

Moderatorja: Marko Hrast in Dejan Koletnik

Podteme:

1. Problematika električnih omrežij v energetske prehod (prenos, distribucija)
2. Primeri izboljšanja odpornosti omrežij na klimatske spremembe
3. Transport in distribucija plina v pogojih razogličanja
4. Problematika toplote in hladu – daljinsko ogrevanje, daljinsko hlajenje v Sloveniji
5. Hramba energije – hranilniki za toplotno in električno energijo, črpalne elektrarne

09.00 - 11.00

Predstavitve prispevkov

- Vladimir Mauko, Tomaž Kožar: **Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v luči zelenega prehoda**
- Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš: **Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti**
- Uroš Kerin, Saša Jamšek: **Upravljanje s sredstvi elektroenergetskega omrežja in mehanizmi odločanja**
- Miha Bečan, Roman Tomažič, Mitja Antončič, Uroš Kerin: **Uvajanje sodobnih tehnologij za podporo spremljanju elektroenergetskih naprav in sistema**
- Jure Lokar, Boštjan Blažič, Leopold Herman: **Analiza pretvorniške stabilnosti pri velikem deležu pretvorniško priključene proizvodnje**
- Tadej Škrjanc, Urban Rudež: **Vloga vztrajnostnih mas v sodobnih elektroenergetskih sistemih**

11.00 - 11.30

Odmor in mreženje

11.30 - 13.30

Predstavitve prispevkov

- Aljoša Deželak, Marko Kolenc, Nikola Rebič, Klemen Dragaš: **Odpornost na klimatske spremembe – karte ranljivosti in ukrepi**
- Matej Urh: **Pristop k razvoju evropskega in slovenskega vodikovodnega omrežja**
- Urban Odar: **Distribucija plina v pogojih razogličanja**
- Marko Kogovšek: **Obvladovanje emisij metana kot prispevek k razogličanju**
- Ljubo Germič, Matija Meden, prof. Filip Kokalj: **Priložnosti in izzivi daljinskega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji**
- Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek: **Vpliv baterijskih hranilnikov električne energije na vodenje in obratovanje elektroenergetskega sistema**

13.30 - 14.30

Kosilo

PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO

Moderatorja: Jonas Sonnenschein in Jelena Zorič

Podteme:

1. Ekonomski vidiki oskrbe z energijo – finančni vidiki zelenega prehoda
2. Družbeni vidiki oskrbe z energijo – umeščanje v prostor, energetska revščina
3. Družbeno-okoljski izzivi zelenega prehoda energetike
4. Regulativa in zakonodaja na področju energije
5. Mednarodno sodelovanje in izmenjave izkušenj
6. Geopolitični problemi energetskega prehoda.

14.30 - 16.30

Predstavitve prispevkov

- Marko Širovnik: **Vloga potrdil o izvoru pri oblikovanju enotnega trga z obnovljivimi plini in vodikom**
- Andreja Ivartnik Kanduč, Igor Podbelšek: **Sistemski pogled uvedbe novih omrežninskih tarif za uporabo elektroenergetskih omrežij**
- Miloš Pantoš, Lucija Lukas: **Vpliv novega sistema obračunavanja omrežnine na odjemalce električne energije**
- Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš: **Analitična ocena vrednosti nedobavljene električne energije**
- Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc, Matjaž Knapič: **Trajnostno upravljanje s sedimenti za ohranjanje energetskega potenciala akumulacij HE**

PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO

Moderatorja: Jonas Sonnenschein in Jelena Zorič



Podteme:

1. Ekonomski vidiki oskrbe z energijo – finančni vidiki zelenega prehoda
2. Družbeni vidiki oskrbe z energijo – umeščanje v prostor, energetska revščina
3. Družbeno-okoljski izzivi zelenega prehoda energetike
4. Regulativa in zakonodaja na področju energije
5. Mednarodno sodelovanje in izmenjave izkušenj
6. Geopolitični problemi energetskega prehoda

09.00 - 11.00**Predstavitve prispevkov**

- Klemen Potisek: **Vloga finančnih mehanizmov v energetske prelohu**
- Franc Žerdin: **Prednosti in zadrege, ki jih v Šaleški dolini ter Sloveniji prinaša predčasno trajno prenehanje odkopavanja lignita v Premogovniku Velenje**
- Jure Šimic, Alenka Sever Keršinar: **Umeščanje energetske objektov v prostor**
- Katarina Ana Lestan, Ana Cerk, Maša Djurica, Maja Ivanovski, Damjan Kovačič, Rudi Vončina: **Uspešnost umeščanja nove energetske infrastrukture v prostor**
- Krešimir Bakič: **Globalno električno omrežje in geopolitika**
- Mojca Drevenšek, prof. Marko Marhl, Uroš Kerin: **Krepitev energetske pismenosti in vloge mladih pri uresničevanju energetskega prehoda**

11.00 - 11.30**Odmor in mreženje****PT3 – RABA ENERGIJE IN UPRAVLJANJE Z ENERGIJO****Moderatorja: Gregor Jeglič, Uroš Kerin****Podteme:**

1. Problematika prometa – fosilna goriva in elektromobilnost v Sloveniji,
2. Varčevanje z energijo. Primeri inovativnih projektov,
3. Pametne stavbe in upravljanje z energijo,
4. Poslovni sektor in industrija – vrsta rabe energije in potenciali za zmanjševanje rabe na enoto BDP
5. Primeri medsektorskega sodelovanja (elektrika/toplota, plin, bio-goriva, H₂),
6. Primeri/načrti razogljichenja v industriji (jekl., kem., steklar., cem.).

11.30 - 13.30**Predstavitve prispevkov**

- Jure Čizman, Damir Staničič, Katarina Trstenjak in Gašper Stegnar: **Načrtovanje trajnostnega energetskega razvoja lokalnih skupnosti v Sloveniji**
- Amer Karabegović: **Sektorsko sodelovanje različnih virov energije skupaj z energetske učinkovitostjo rabe energije omogočata zeleni energetske prehod in zmanjšanje energetske revščine v R Sloveniji**
- Sašo Kos, Nejc Štokelj, Samo Ceferin: **Integracija obnovljivih proizvodnih virov električne energije in hramba (električne) energije**
- Matej Zajc, Tim Marentič, Andreja Smole in Hugo Morais: **EV4EU – Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope: priložnosti in izzivi tehnologij V2X pri vzpostavitvi trga prožnosti**
- Viktor Lovrenčič, Ana Lovrenčič: **Vidik slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost**

13.30 - 14.30**Kosilo**

14.30 - 16.30**Predstavitve prispevkov**

- Primož Poredoš, Eva Zavrl, Tej Žizak, Suzana Domjan, Sašo Medved, Franc Marovt, Ciril Arkar: **Vlaga v zraku: priložnosti in izzivi za dvig energetske učinkovitosti ogrevanja in hlajenja s toplotnimi črpalkami**
- Franc Marovt: **Zamik električne porabe s toplotnimi črpalkami in hrambo toplote**
- Mirko Katalenič, Marko Radoš, Miha Mulič: **Kako pravilno projektirati sistem IR-ogrevanja, da zadostimo energetske učinkovitosti v stanovanjskih in industrijskih objektih**
- Sven Gruber, Klemen Rola, Danijela Urbančič, Darko Goričanec: **Sistem kompresijske dvostopenjske toplotne črpalke z vgrajenimi turbinami**
- Benjamin Černoša, Eva Lina Nava Vilorio in Andrej Ljubenko: **Elektrifikacija velikih sistemov ogrevanja in hlajenja za trajnostno prihodnost**

**POSTER SEKCIJA #1****09.30 - 10.00**Aleš Jamšek, Mojca Planinc: **Pregled parametrov za potresno projektiranje za jedrske elektrarne****10.00 - 10.30**Bernard Brščič: **Zeleni prehod in dejanski stroški OVE****10.30 - 11.00**

Marijan Koželj: **Hranilniki električne energije, zeleni vodik**
 Marijan Koželj: **POBUDA: Izrazi za najbolj pogosto uporabljane pojme, besede, besedne zveze (tërmini) in pripadajoče kratice v/za elektroenergetik-i(-o)**

11.00 - 11.30**Odmor****11.30 - 12.00**Izidor Ostan Ožbolt: **Celovit plan razvoja slovenskega elektroenergetskega sistema do leta 2040****12.00 - 12.30**Andrej Farazin, Amer Karabegović: **Kako lahko gospodarstvo koristi razogljičenju Republike Slovenije, pa tudi svojemu: Primer supermarketov kot vir mikroomrežja DO ali dodatnega vira za poslovne ali stanovanjske stavbe****12.30 - 13.00**Urban Gselman, Darko Goričanec, Vid Peršak: **Numerična analiza pridobivanja globoke geotermične energije z nizko entalpijo z uporabo inovativne zasnove gravitacijske toplotne cevi****13.00 - 13.30**Mitja Pšaker: **Kaj prinašajo nova evropska pravila za priključitev na omrežje?****13.30 - 14.30****Kosilo**

POSTER SEKCIJA #2

09.30 - 10.00	Jan Kuhar, Boris Vovčko in Tomaž Ploj: Pregled in analiza organizacijskih shem in upravljanja s kadri za Jedrsko elektrarno Krško 2
10.00 - 10.30	Gregor Srpčič, Jan Lokar, Samo Fürst, Jurij Kurnik, Robert Bergant: Analiza različnih tipov tehnologij stikališč za JEK2
11.00 - 11.30	Odmor
11.30 - 12.00	Uroš Kerin, Aljoša Deželak, Saša Jamšek: Izkušnje in prenos znanja pri sodelovanju v mednarodnih strokovnih organizacijah
12.00 - 12.30	Maja Ivanovski, Darko Goričanec, Rudi Vončina in Danijela Urbanci: Obeti trajnostnih goriv: Proces torefikacije in njegov okoljski vpliv
12.30 - 13.00	Matjaž Škrlec, Jernej Lasnik, Urban Rudež: Zasnova orodja za sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti elektroenergetskega sistema Slovenije
13.00 - 13.30	Erik Rot Weiss, David Galinec, Robert Gselman, Urban Gselman: Operacijske raziskave in optimizacije baterijskih sistemov
13.30 - 14.30	Kosilo



4. KAZALO PREDAVANJ:

Str.	Predavanje [Avtorji]
15...	Ekonomski, okoljski in družbeni vidiki oskrbe in rabe energije Nevenka Hrovatin
27...	Je mogoč zeleni prehod zgolj z OVE? Aleksander Mervar
30...	Razvoj energetskega sistema Slovenije: Pot do trajnostne prihodnosti v skladu s podnebnimi zavezami do leta 2050 Boris Sučić, Stane Merše
31...	Pomen učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v energetske prehode Slovenije Alojz Poredoš
34...	Izzivi merjenja makroekonomskih učinkov zelenega prehoda dr. Miha Dominko
36...	Energetski sistemi prihodnosti Uroš Salobir
38...	Preobrazba plina in prihodnja vloga vodika mag. Dejan Koletnik, mag. Marko Ileršič
41...	Status in razvojne priložnosti jedrske energije v Sloveniji in v svetu Leon Cizelj
46...	Energetske skupnosti in drugi gradniki trajnostnega energetskega prehoda Slovenije Dušan Plut
47...	Toplota, hlad in sektorsko povezovanje za večjo energetske učinkovitost Jože Torkar

Ekonomski, okoljski in družbeni vidiki oskrbe in rabe energije

Nevenka Hrovatin

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Nevenka Hrovatin

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si

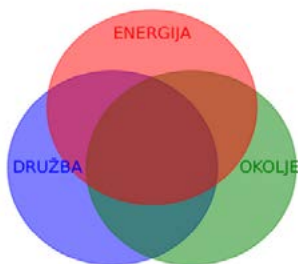
Povzetek

Prispevek predstavlja izbrane elemente ekonomskih, okoljskih in družbenih vidikov oskrbe in rabe energije v svetu, EU in Sloveniji. Za trajnostni razvoj in družbeno blaginjo bi bilo potrebno doseči ravnovesje vseh treh vidikov in njihovih ciljev, vendar so ti izjemno kompleksni in jih ni mogoče udejanjiti brez usklajenih ukrepov številnih politik. Pri okoljskih vidikih ugotavljamo ugoden negativni trend padanja emisij toplogrednih plinov z odločilnim prispevkom energetike, ki pa ne bo zadosten za dosego ciljev Pariškega podnebne sporazuma. Tudi nekateri drugi pokazatelji kakovosti okolja (biodiverziteta), se poslabšujejo, izzive za energetiko pa predstavlja tudi vse pogostejši pojav ekstremnih vremenskih dogodkov. Izbrani ekonomski vidiki naslavlajo problematiko delovanja veleprodajnih trgov v EU z vezanostjo cen električne energije na cene plina, posledice delovanja EU sheme trgovanja z emisijskimi dovolilnicami, obseg in vire financiranja v čiste energetske tehnologije ter vprašljivost subvencij za fosilna goriva z vidika zelenega prehoda. Pri subvencijah bi bilo potrebno nasloviti tudi njihov redistributivni vidik tako, da bi večji del usmerili v manj premožne skupine prebivalstva. Med družbenimi vidiki obravnavamo dostopnost energije in energetska revščino, ki v Sloveniji trendno pada, dotaknemo pa se tudi vpliva na zaposlovanje in zdravje.

Ključne besede: energetski trgi, financiranje investicij, obdavčitev, subvencije, energetska revščina, okolje

1 UVOD

Prispevek predstavlja izbrane elemente ekonomskih, okoljskih in družbenih vidikov oskrbe in rabe energije v svetu, EU in Sloveniji. Za trajnostni razvoj in družbeno blaginjo bi bilo potrebno doseči ravnovesje vseh treh vidikov in njihovih ciljev, vendar so ti izjemno kompleksni. Gre za presečno množico treh krogov, kjer predstavlja prekrivajoča površina vseh treh le manjši del, ki ga ni mogoče doseči brez aktivne vloge različnih politik na ravni držav in širše mednarodne skupnosti (na primer energetske, okoljske, prometne, kmetijske, industrijske in drugih politik).

Slika 1: Kompleksnost doseganja energetske, okoljske in družbene ciljeve

Med pomembnejšimi **ekonomski vidiki** energetike so uvozna odvisnost, delovanje energetskih trgov in cene energije, investicije v energetska infrastrukturo in proizvodne vire ter njihovo financiranje, energetska učinkovitost in investicije v ukrepe za njeno izboljšanje, obdavčitev energije in subvencije ter regulacija infrastrukturnih energetskih dejavnosti (prenos in distribucija). Kot že samo ime pove, **okoljski vidiki** zajemajo vpliv energetike na vse elemente okolja: emisije toplogrednih plinov (TGP), onesnaževanje zraka s trdimi delci, vpliv na vodne vire, uporabo naravnih virov (npr. premog in lesna biomasa), degradacijo tal, vpliv na biodiverzitetu, ravnanje z odpadki, upoštevati pa je potrebno tudi povratni vpliv okolja na energetiko z ekstremni vremenski dogodki, ki jih povzročajo spremembe v okolju. Med pomembnejšimi **družbenimi vidiki** je potrebno omeniti dostopnost in zanesljivost oskrbe z energijo, energetska revščina, vključevanje javnosti in lokalnih skupnosti v odločanje o energetskih projektih, informiranost in ozaveščenost javnosti, socialno pravičnost energetske tranzicije, zdravstvene vplive in vpliv energetske politike na zaposlovanje. Ker se energetika tako kot družba podreja okoljskim ciljem, bomo v nadaljevanju najprej predstavili nekatere okoljske vidike, zatem pa ekonomske in družbene, pri čemer se bomo zaradi obširnosti teme omejili le na nekatere elemente, še zlasti pa na izbrane ekonomske vidike.

2 OKOLJSKI VIDIKI

Okoljske vidike energetike je težko razdvojiti tako, da bi izločili izključno vpliv samega sektorja energetike na okolje, razen če ne gre za določene projekte in posamezne okoljske vplive. Negativni vplivi energetike se posebej poudarjajo na področju **emisij toplogrednih plinov**. Evropska unija (EU) beleži na tem področju ugoden 30 – letni trend padca emisij CO₂, za 32,5 % leta 2022 glede na leto 1990 oziroma 3 % letno (EC, 2023a). V celotnem obdobju so se emisije najbolj zmanjšale v energetiki (elektro gospodarstvo), povečale pa v prometu, v zadnjih dveh letih pa zopet naraščajo. V letih 2008 – 2016 sta glavna sektorja zmanjševanja investicij energetika in industrija uspela znižati emisije CO₂ za več kot 1,2 milijarde ton oz. 3,8 % celotnih emisij, ki so nastale na področju EU, energetski sektor pa naj bi po oceni EU (brez datuma, a) tudi največ prispeval z zmanjševanju do leta 2030. V letu 2020 je energetika prispevala 23,3 % vseh emisij CO₂ v EU (Eurostat). Kljub temu EU trenutno ni na poti, da bi dosegla cilj odstranitve 310 milijonov ton CO₂ letno iz atmosfere.

Z izzivi doseganja ciljev Pariškega sporazuma o omejitvi globalnega segrevanja se ne sooča samo EU, temveč ves svet. Globalno ozračje je segrelo nad 1,2 °C glede na predindustrijsko obdobje. Po napovedih Mednarodne agencije za energijo (IEA – International Energy Agency) (2023a) bomo po obstoječem scenariju razvoja (STEPS) oziroma z obstoječimi ukrepi dosegli vrh emisij CO₂ do okrog 2025. Te emisije pa so tako visoke, da bomo pognali rast temperature ozračja na 1,9 °C do leta 2050 in nadalje na 2,4 °C stopinje C do leta 2100 glede na predindustrijsko obdobje. Po oceni IEA (2023a) je za doseganje cilja omejitve segrevanja na največ 1,5 °C v skladu s Pariškim sporazumom potrebno trikratno povečanje zmogljivosti obnovljivih virov energije (OVE), dvakratno povečanje rasti energetske učinkovitosti (na 4 % letno), povečanje elektrifikacije in znižanje emisij metana iz fosilnih dejavnosti. Vse troje skupaj zadošča za vsaj 80 % znižanja emisij, da lahko energetski sektor omeji segrevanje na 1,5 °C stopinj Celzija do leta 2030. V razvijajočih se državah pa je potrebno najti ustrezne finančne instrumente za zapiranje premogovnikov in proizvodnje iz fosilnih virov.

Slovenija sledi padajočemu trendu EU pri izpustu toplogrednih plinov (TGP), pri čemer energetika ni največji onesnaževalec podnebja z emisijami, temveč promet, kjer emisije naraščajo. S 7,7 ton izpustov TGP na prebivalca je Slovenija tik pod povprečjem EU s 7,9 tonami na prebivalca (UMAR, 2024).

Slovenija sodi med države z največjo **biotsko raznovrstnostjo** v Evropi, vendar se tudi ta poslabšuje. Indeks ptic kmetijske krajine, osnovni pokazatelj sprememb biotske raznovrstnosti, beleži negativen dolgoročni padajoči trend; v letu 2026 je bila populacija ptic manjša za 26 % kot leta 2008, upada pa tudi ohranjenost habitatov, ki je sicer v Sloveniji ugodnejša od povprečja EU (UMAR, 2024). Izziv z vidika umeščanja energetskih objektov, zlasti OVE, v prostor je tudi ohranjanje divjadi in gozdov, kar se kaže pri družbenem vidiku (odporom javnosti, lokalnih skupnosti, civilnih iniciativ in društev do gradnje energetskih objektov).

Vpliv neugodnih okoljskih trendov se kaže v večji pogostosti **ekstremnih vremenskih pojavov** in s tem v obratnem vplivu – okolja na energetiko. Slovenija je v 30 – letnem obdobju do leta 2022 utrpela precej več izgub zaradi ekstremnih vremenskih dogodkov kot povprečno v EU. S 74,7 EUR povprečnih letnih izgub na prebivalca v Sloveniji so te škode slovenskega prebivalca stale skoraj 90 % več kot povprečnega prebivalca EU (39,5 EUR na prebivalca) (UMAR, 2024).

Z energetske-okoljskega vidika je za Slovenijo pomembno tudi dejstvo, da je v vrhu držav EU po površini zaščitene območij in območij v Naturi 2000. V Naturi 2000 je v Sloveniji 39 % vseh površin, kar je dvakrat več kot v povprečje EU (19 %) (UMAR, 2024). To predstavlja skupaj z obsežno okoljsko zakonodajo, ki med drugim terja zahtevne in dolgotrajne postopke pridobivanja okoljskih soglasij, pomembno omejitve za umeščanje energetskih objektov v prostor.

3 EKONOMSKI VIDIKI

Pri ekonomskih vidikih energetike se bomo osredotočili na delovanje energetskih trgov in cene, investicije in njihovo financiranje, dotaknili pa se bomo tudi obdavčitev (cene ogljika) in subvencij. Ker okoljski cilji narekujejo ekonomske usmeritve na energetskem področju, je zaželeno vedeti, ali stroški zasledovanja okoljskih ciljev odtehtajo okoljske koristi. Po oceni mreže Climate Action Network Europe, naj bi ekonomske in družbene koristi občutno odtehtale stroške (UMAR, 2024). Neposredne koristi za EU do leta 2030 so ocenjene na najmanj 1 bilijon EUR in naj bi dolgoročno za 1,4 krat presegle stroške ob obstoječih ukrepih oziroma naj bi bile 4 krat večje kot če ne bi ukrepali. Za Slovenijo se ocenjuje, da bo zaradi hitrejšega segrevanja imela večje koristi od povprečja; finančna korist do leta 2030 naj bi znašala 3,7 mrd EUR, kar predstavlja 7 % BDP v letu 2022.

3.1. Problematika delovanja veleprodajnih trgov v EU

Pomanjkljivosti delovanja veleprodajnih trgov v EU so se zlasti pokazale s prekinitvijo dobave ruskega plina v EU zaradi rusko-ukrajinske vojne. Zmanjšanje uvoza plina in konkurenca med državami za oskrbo s plinom je leta 2022 povečevala cene plina. Pred vojno so se cene plina na veleprodajnih trgih gibale okoli 20 - 30 EUR/MWh, avgusta 2022 pa so cene na nizozemskem vozlišču TTF (ki velja za referenco v Evropi) dosegle rekordno vrednost nad 300 EUR/MWh, kar je več kot 1.000 % povečanje v primerjavi s prejšnjimi leti. Takšne rekordne vrednosti so bile posledica pomanjkanja plina, povečane globalne konkurence za utekočinjeni zemeljski plin (LNG) in nepredvidljivosti glede prihodnjih dobav. EU se je poleg drugih ukrepov odzvala tako, da je uvedla koordinacijo za skupen nakup plina (Aggregate EU), vendar sodelovanje v sistemu ni obvezno. Čeprav je EU v veliki meri uspela nadomestiti 80-odstotno zmanjšanje uvoza ruskega plina z uvozom utekočinjenega naftnega plina (UNP) (ta se je povečal od 20 % oskrbe leta 2019 na 42 % oskrbe leta 2023) in z zmanjšanjem porabe, se povečuje njegova cena in volatilitnost, saj se vse več plina v svetu prodaja na promptnem (spot) trgu, konkurenca pa se povečuje (Draghi, 2024), prav tako tudi trgovanje z izvedenimi finančnimi instrumenti povečuje njegovo volatilitnost, dodatno pa razmere poslabšuje visoka koncentracija tega trga, saj 5 največjih trgovcev obvladuje 60 % pozicij na nekaterih borzah (Draghi, 2011). Razmere poslabšuje še dejstvo, da tudi dolgoročne pogodbe v veliki

meri temeljijo na promptni ceni. Uvoz UNP, investicije v dodatno infrastrukturo (vključno z UNP terminali), zadostna zapolnjenost plinskih skladišč v EU in zmanjšanje porabe, je sicer v 2023 povzročila padec cen, vendar so te še vedno 25 % nad nedavnim povprečjem (ACER, 2024).

Neugodna gibanja na plinskem trgu se prenašajo na trg električne energije, kjer tržna pravila določajo, da se cena na borzah oblikuje po mejnem načelu, kjer so najdražje (plinske) elektrarne tiste, ki določajo cene. Leta 2022 je plin 63 % časa določal ceno, čeprav je predstavljal le 20 % energetske mešanice (Draghi, 2024). V letu 2023 se je sicer povprečna cena električne energije za dan vnaprej v EU znižala na 93 EUR/MWh in je bila za več kot polovica nižja kot 2022 (219 EUR/MWh) (ACER, 2024), toda še vedno ostaja več kot dvakrat višja kot 2019. Tudi cene terminskih pogodb so 25 % nad nedavnim povprečjem (ACER, 2024). Odjemalci zato ne morejo prejemati koristi od nižjih cen OVE in nuklearne energije (Draghi, 2024), to je brezogljnih virov, ki so v letu 2023 že presegli proizvodnjo iz fosilnih goriv v EU (ACER, 2024).

Seveda pa se zaradi vojne cene na maloprodajnih trgih niso toliko povečale za končne odjemalce, saj je država gospodinjstva in predvsem manjša podjetja ščitila z maksimalno dovoljenimi cenami in drugimi ukrepi za blažitev visokih energetskih stroškov. Čeprav se je število dni, ko so bile cene na borzah za dan vnaprej višje od cene plina znižalo od 326 leta 2019 in 305 leta 2020 na 114 v letu 2023 (ACER, 2024), pa Draghi (2024) v poročilu o konkurenčnosti EU napoveduje, da se do konca tega desetletja ne bo bistveno znižal delež ur, ko bo plin krojil cene elektrike v EU in to kljub temu, da bi uspeli doseči cilje povečanja OVE. Rešitev vidi v dolgoročnih pogodbah za nakup električne energije (PPA – *power purchase agreement*) in pogodbah za razliko (CfD – *contract for differences*), kar priporoča tudi ACER v svojem predlogu za reformo zasnovi trga z električno energijo, vendar Draghi (2024) ocenjuje, da je njihova uporaba v EU na nizki ravni. Poleg tega EU (brez datuma, b) z reformo zasnovi trga predvideva večjo zaščito gospodinjstev s ščitjenjem pogodb s strani dobaviteljev, povečanjem obsega pogodb s fiksnimi cenami in ročnostjo, fleksibilnostjo pri izbiri dinamičnih tarif, ki jih lahko kombinirajo z več pogodbami, bolj jasnimi informacijami pred podpisom pogodb, boljšo zaščito ranljivih odjemalcev in večjo dostopnostjo do energije iz OVE zaradi možnosti trgovanja z lokalno proizvedeno energijo. Pričakuje se, da bodo podjetja na podlagi dolgoročnih pogodb imela bolj stabilne cene, proizvajalci energije pa preko investicij na osnovi PPA in CfD bolj stabilne prihodke.

Visoki davki in prispevki in rente trgovcev še povečujejo maloprodajne cene in stroške energije. Cene elektrike in plina so 2 - 3 krat višje kot v ZDA, cene plina pa 4 - 5 krat višje. Za primerjavo naj navedemo, da je bila februarja 2024 cena plina v EU 8,2 USD/mmbtu, v ZDA 1,7, v Rusiji 1,6, v Kanadi pa najnižja 1,4 USD/mmbtu (ACER, 2024). Primerjalno visoke cene energentov v EU ogrožajo konkurenčnost evropskih podjetij in zavirajo investicije, saj so te za polovico podjetij iz EU glavna ovira za investicije, v ZDA pa le za petino podjetij. Zaradi visokih cen energentov je ogrožena tudi evropska industrija, o čemer priča dejstvo, da se je proizvodnja energetske intenzivnih panog zmanjšala za 10 % - 15 % od leta 2021 (Draghi, 2024).

3.2. Obseg in financiranje investicij

IEA (2023a) ugotavlja naslednje trende na področju investicij. Investicije v naftni in plinski sektor so danes skoraj dvakrat večje od tistih, ki bi jih zahteval NZE scenarij (*net zero emissions*, scenarij ničelnih emisij) do leta 2035, kar ogroža doseganje podnebne cilja 1,5 °C. V svetu se povečujejo izgledi za investicije v jedrsko energijo in za podaljšanje obratovanja obstoječih jedrskih elektrarn (npr. Japonska, Koreja, ZDA). Po scenariju razvoja z obstoječimi ukrepi (STEPS) bo povpraševanje po fosilnih virih (nafti, premogu in plinu) doseglo vrh pred 2030, tako da se bo iz 80-deleža povpraševanja po energiji to znižalo na 73 %. Nove investicije v termoelektrarne na premog in nafto so se prepolovile, prodaja električnih avtomobilov je nižja kot pred COVID krizo, inštalacija toplotnih črpalk pa je presegla inštalacijo bojlerjev.

Tako v svetu kot v EU bodo za zeleni energetski prehod potrebne obsežne investicije v proizvodnjo čiste energije in v energetskega infrastrukturo. Danes v svetu porabimo več kot 7 bilijonov USD za delovanje energetike (vključno s stroški financiranja) (IEA, 2024). Investicije v energetske tehnologije so leta 2023 znašale 3 bilijone USD, od tega 1,1 bilijon USD v fosilne vire in še več – 1,9 bilijonov USD – v čiste energetske tehnologije (OVE, jedrske elektrarne, elektroenergetska omrežja in hranilnike, URE in elektrifikacija). Za uresničitev ambicioznega

scenarija ničelnih emisij (NZE) IEA do 2035 bi se morale investicije (IEA, 2024):

- v čiste v energetske tehnologije povečati na 5,3 bilijonov USD,
- v nizkoogljične vire v proizvodnji električne energije (HE, SE, jedrska, geotermalna) povečati od 800 mrd leta 2023 na 1,1 bilijonov USD leta 2035,
- investicije v omrežja in hranilnike potrojiti (na 1,2 bilijonov USD leta 2035),
- v električna vozila povečati za 8 krat,
- v fosilne vire zmanjšati za $\frac{3}{4}$.

V EU cilj 42,5 % deleža OVE zahteva skoraj potrojitev proizvodnje električne energije iz sonca več kot podvojitev proizvodnje iz vetra. Obseg potrebnih investicij (javnih in zasebnih) za zeleno preobrazbo znaša po oceni Evropske komisije (EC, 2023a) 477 milijard letno od 2021 do 2030, kar ne zajema dodatnih potrebnih 35 mrd EUR investicij letno od 2022 do 2027 za doseganje ciljev REPowerEU ter dodatnih investicij za doseganje ničelnih izpustov v industriji, ohranjanje biodiverzitete in krožno gospodarstvo.

Potrebne bodo tudi visoke investicije v omrežja, vključno z medobmočnimi prenosnimi zmogljivostmi (Draghi, 2024). ACER (2024) prepoznava investicije v omrežja kot odločilni dejavnik uspeha pri zeleni preobrazbi. Brez investicij v proizvodnjo energije in omrežja, se bo EU tudi težko digitalizirala, saj podatkovni centri že sedaj porabijo 2,8 % energije, do leta 2030 pa naj bi se njihova poraba povečala za 28 % (Draghi, 2024).

V strukturi financiranja investicij danes prevladujejo komercialni viri (vložki podjetij in gospodinjstev ter krediti) s 75 – odstotnim deležem, 25 % investicijskih potreb pa pokrijejo javni viri, ki vključujejo državno lastništvo v energetskih objektih in subvencije proizvajalcem čiste energije, podjetjem in gospodinjstvom (IEA, 2024). Če upoštevamo vse sektorje, se rahla večina energetskih investicij financira z lastnim kapitalom, delež dolžniškega financiranja pa je večji v čisti proizvodnji električne energije ter omrežjih in hranilnikih, kjer ta presega 50 %. Ker se mnogi projekti v elektrogospodarstvu financirajo z dolgoročnimi pogodbami (PPA) ter pri omrežjih z reguliranimi omrežninami, kar predstavlja stabilen vir dohodka, je dostop do kreditov za to dejavnost lažji. Dodatno bo premik k večjemu deležu kreditov spodbudilo povečanje samih investicij v čisto energijo, kar bo posledično omogočilo pridobitev več izkušenj z novimi poslovnimi modeli pri skladiščenju in čistih energetskih virih, manjša tehnološka tveganja, možnost refinanciranja projektov v času delovanja, ko se zmanjša tveganje pridobivanja dovoljenj in problemov z gradnjo, v razvijajočih se gospodarstvih pa tudi poglobljanje kapitalskih trgov. Z vidika financiranja je pomembna komponenta tudi strošek financiranja, ki na primer pri investicijah v fotovoltaike znaša v razvitih državah 25 % vseh stroškov, v razvijajočih pa kar 50 % celotnih investicijskih stroškov (IEA, 2024). Premik k čistim energetskim tehnologijam v energetiki ima lahko pozitiven vpliv na potrebna investicijska sredstva, saj je dolg praviloma cenejši od lastniškega kapitala.

V EU so se finančni trgi odzvali na potrebe po zelenih investicijah z izdajo zelenih obveznic, ki naj bi v letu 2023 dosegle 1 bilijon EUR. Delež zelenih obveznic v EU se je občutno povečal, od 1 % vseh izdaj leta 2013 na 16 % leta 2022 (EC, 2023). Za primerjavo naj navedemo, da je bila ta rast precej počasnejša v ne-EU državah, saj je bil njihov delež leta 2022 samo 2 %. Občutno se je tudi povečalo kreditiranje zelenih projektov, ki je leta 2022 doseglo skoraj 66 mrd EUR. Kljub temu je tržna kapitalizacija (vrednost) zelenih podjetij sorazmerno skromna – manj kot 10 % vseh. Omeniti velja, da predstavljajo eno največjih ovir za investicije tudi zapleteni in dolgotrajni postopki pridobivanja dovoljenj ter pomanjkanje delovne sile (Draghi, 2024).

V Sloveniji bo z vidika prihodnje energetske mešanice pomembna odločitev o investiciji v drugi blok nuklearke, poseben izziv pa predstavlja tudi predčasno zapiranje termoelektrarne (Premogovnika Velenje in TEŠ 6). Omeniti velja tudi težave pri doseganju ciljev OVE. Slovenija je v letih 2005 – 2022 zaostajala pri povečevanju deleža OVE za EU; v Sloveniji se je delež povečal le za 3 odstotne točke (o. t.), v EU pa za 13 o. t., najmanjši napredek pa je bil dosežen v sektorju električne energije: v Sloveniji se je delež povečal za 8 o. t. in dosegel 37 % v letu 2022, v EU pa za 25 o. t. in dosegel 41 odstotni delež. Zaradi nedoseganja cilja OVE se je Slovenija v letih 2020 – 2022 posluževala statističnih prenosov z nakupom energije iz OVE v tujini, leta 2023 pa je uspela doseči cilj. Slovenija ima tudi precej drugačno strukturo virov OVE kot EU, saj prevladujejo klasični viri (les, hidroenergija), medtem

ko ima v EU veter 16 – odstotni delež, takoj za jedrsko energijo in pred hidroenergijo, plinom in premogom (ACER, 2024).

Zaradi občutnega povečanja proizvodnih virov iz sonca v EU, ki so se po letu 2019 skoraj podvojili, se EU tako kot druge v svetu sooča s poglobljanjem račje krivulje (*duck curve*), ko je energije v času »sončnih ur« preveč, kadar proizvodnje iz sonca ni, pa je odjem še vedno odvisen od konvencionalnih virov proizvodnje. Račja krivulja in njeno poglobljanje povzroča pojav negativnih cen električne energije in veliko volatilitnost. Po podatkih ACER (2024) je leta 2023 prišlo do 12- kratnega povečanja negativnih cen.

Rešitev problema je v pretvorbi in shranjevanju viškov električne energije s hranilniki (črpalne HE, baterije, pretvorbe v vodik) ter upravljanje z odjemom (DSM – *demand side management*), ki zahteva razvit trg prožnosti z dinamičnimi tarifami. V Sloveniji dobavitelji kasnijo z objavo ponudb po dinamičnih cenah za gospodinske odjemalce, saj sta konec leta le 2 dobavitelja na spletnih straneh objavila to možnost, kar ni v skladu z Zakonom o oskrbi z električno energijo, 10 dobaviteljev pa je imelo sklenjene pogodbe s skupaj 729 poslovnimi odjemalci (Agencija za energijo, 2024), skupna prodana količina energije po dinamičnih cenah pa je znašala 2,83 TWh (Agencija za energijo, 2024).

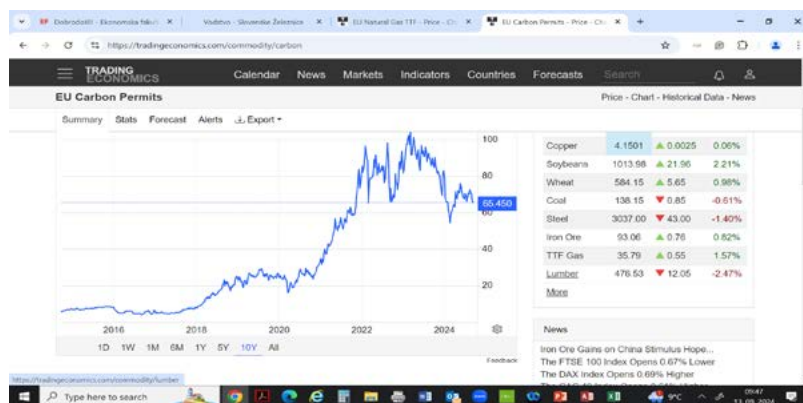
Posodobljeni NEPN (MOPE, 2024) tudi prepozna potrebo po spodbudah za investiranje v naprave za storitve prožnosti pri odjemalcih ter po investicijah v hranilnike, ki so večje v DU-OVE (dodatni ukrepi – OVE) scenariju. Tudi IAE (2023a) v scenariju ničelnih emisij (NEZ) predvideva veliko naraščanje kapacitet hranilnikov, od 200 GW leta 2023 na 1 TW 2030 in 5 TW 2050, ocene rasti hranilnikov na omrežjih pa predvidevajo povečanje od 15 mrd USD leta 2023, na 200 - 700 mrd USD leta 2030 ter na 1 - 3 bilijonov USD do leta 2040 (Economist, 1.9. 2024). Zaradi povečanja proizvodnje in izkoriščanja prihrankov obsega se pričakuje tudi padec cene, kar se je že občutno pokazalo pri litij-jonskih baterijah, katerih cena je padla za 40 % od leta 2019 do 2023. Za EU neugodno dejstvo pa je, da kar 6 največjih proizvajalcev baterij od 10 prihaja iz Kitajske.

3.3. Obdavčitev in subvencije

3.3.1. Davek na ogljik

Evropska shema trgovanja z emisijami (EU ETS oz. EU ETS1) je bila uvedena leta 2005 in predstavlja enega glavnih mehanizmov Evropske unije za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. EU ETS deluje po načelu „omejitve in trgovanja“ (*cap and trade*), kar pomeni, da se določena omejitev emisij postavi za celotno EU, nato pa se podjetjem dodelijo pravice do izpustov (emisijske dovolilnice), s katerimi lahko trgujejo. **Čeprav shemo pogosto povezujemo z davkom na ogljik, ne gre za davek, temveč za tržni mehanizem, pri katerem pa se cena emisijskih kuponov oblikuje na isti ravni kot če bi uvedli davek na ogljik na osnovi ekonomskih načel.** Podobne sheme imajo tudi nekatere druge države, pri čemer je po oceni IEA (2023c) okrog 23 % emisij v svetu vključenih v različne sheme davka na ogljik.

Shema je prešla v četrto fazo in se je ves čas zaostrovala tako, da morajo podjetja kupone kupovati na trgu (avkcije), EU pa je uvedla tudi mehanizem za stabilnost, s katerim lahko odtegne določeno količino kuponov iz obtoka v primeru presežkov. Zaradi takšne zaostrovalne politike in povečane proizvodnje fosilnih goriv, še zlasti premoga zaradi rusko-ukrajinske vojne beležimo rast cene emisijskih dovolilnic, ki je dosegla najvišjo vrednost februarja 2023 (100,34 EUR za tono CO₂, (Statista, brez datuma, a)), konec avgusta 2024 pa je bila okrog 70 EUR. Dvig cene CO₂ kuponov je pomembno prispeval k temu, da so premogovne elektrarne postale stroškovno neučinkovite. V Sloveniji sta se z grožnjo stečaja soočila Premogovnik Velenje in TEŠ 6. V obdobju 2022 – 2025 naj bi bila povprečna cena na ravni 84.4 EUR/t, v obdobju 2026 – 2030 pa naj bi se po oceni članov združenja Emissions Trading Association povečala na skoraj 100 EUR/t (Statista, brez datuma, b).

Slika 2: Gibanje cene emisijskih dovolilnic CO₂ EU ETS sheme v obdobju 2008 – 2024 (v EUR/t)

Vir: Trading Economics <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>.

Od ustanovitve do 2023 se je v okviru sheme zbralo 139,5 milijard EUR prihodkov iz avkcij, od tega 38,8 milijard EUR v letu 2022 (EC, 2023a). V letih 2013 do 2022 se je v povprečju 75 % prihodkov uporabilo za podnebne in energetske projekte vključno z ukrepi za premagovanje energetske krize. Leta 2022 pa 76 %, pri čemer so se prihodki stekali (EC, 2023a):

- 25 % za specifične okoljske in energetske ukrepe
- 27 % v namenske okoljske sklade
- 48 % v državne proračune.

Po ocenah nekaterih študij EU ETS shema pozitivno vpliva na število patentov, inovativnost in investicije v nizkoogljične tehnologije, čeprav po drugi strani povečuje ceno električne energije in sicer bolj kot na primer v ZDA. Cena plina v EU naj bi se zaradi sheme povečala za 20 – 25 EUR/MWh, v Kaliforniji pa precej manj (za 10 – 15 EUR/MWh), kar dodatno poslabšuje konkurenčnost EU (Draghi, 2024).

Za Slovenijo je bila simulirana ocena učinkov EU ETS sheme do leta 2030 z modelom GEM-E3-SI (UMAR, 2024). Za izhodiščno ceno ogljika je bila uporabljena povprečna cena v Sloveniji v letu 2021 (83 EUR/t), ciljna cena ogljika do 2030 pa 140 EUR/t, to je cena ki bi po oceni IEA pripeljala do ničelnih emisij. Rezultati so pokazali, da bi takšen scenarij znižal emisije za 10 % v primerjavi z osnovnim scenarijem, povzročil pa bi tudi za 0,6 % nižji BDP, vendar bi fiskalna politika z ustreznimi ukrepi lahko korigirala padec BDP.

3.3.2. Subvencije

Pri subvencijah v energetiki bomo zaradi obsežnosti teme izpostavili samo določena dejstva. Naj najprej izpostavimo enkratne subvencije v izjemnih okoliščinah za blažitev posledic energetske krize, ki jo je povzročila rusko-ukrajinska vojna. Te subvencije naj bi po podatkih IAE stale države 900 mrd EUR do junija 2023 (IEA, 2024), od tega odpade na EU 646 mrd EUR v obdobju september 2021 – januar 2023, največje pa so bile v Nemčiji (264 mrd EUR). Povprečno letno so države v času blaženja krize namenile 3,2 % BDP letno v obliki subvencij za blaženje krize.

Med siceršnjimi rednimi subvencijami energetskega sektorju so vprašljive zlasti visoke subvencije za fosilna goriva. Te subvencije so za končne uporabnike leta 2022 znašale več kot 1 bilijon USD in sicer tudi zaradi krize, kar je več kot 5 krat več kot v letu 2020, ko so bile cene zaradi pandemije in zato potrebe po subvencijah nizke

(IEA, 2023c). Leta 2023 so se znižale na 620 mrd USD, kar pa je še vedno visok znesek, če jih primerjamo s subvencijami uporabnikov za ukrepe URE in OVE v obsegu 70 milijard USD (IEA, 2024).

V prejšnjih podatkih o subvencijah za končne uporabnike niso zajete subvencije dane neposredno podjetjem za fosilna goriva, med katerimi so tudi subvencije za premog. Mednarodna agencija za energijo IAE opozarja, da so inovativni finančni pristopi potrebni za ukinitve proizvodnje premoga zlasti v razvijajočih se gospodarstvih Azije, kjer ta angažira več kot bilijon dolarjev neamortiziranega investiranega kapitala (IEA, 2024). Prav tako evropski komisar za podnebne ukrepe Wopke Hoekstra poudarja, da bomo morali čim prej ukiniti vse subvencije za fosilne vire, ki ne naslavlajo energetske revščine ali pravičnega prehoda (EU, brez datuma, a).

Subvencije za fosilna goriva se problematizirajo tudi zaradi njihove usmerjenosti na premožnejše dohodkovne skupine, saj subvencije za subvencioniranje ranljivih skupin (UNP, kerozina in kmetijstva) v manj razvitih državah dosežejo le 15 % celotnega prebivalstva, ostale pa porabijo srednje in bolj premožni, ki si lahko privoščijo, da trošijo več fosilnih goriv. Zelo problematične pa so tudi subvencije za premog.

Podobni očitki so naslovljeni tudi na subvencije za električna vozila, kolesa ter tudi za izvajanje investicij URE in OVE, čeprav subvencije zajemajo sorazmerno majhen del vseh investicij v čiste energetske rešitve gospodinjstev. Gospodinjstva globalno izvedejo okrog 20 % vseh investicij v čisto energijo (sončne elektrarne, električna vozila, toplotne črpalke in URE), samo 10 % teh investicij v povprečju pa pokrivajo subvencije. Od leta 2020 so razvite države namenile gospodinjstvom za investicije v čiste energetske tehnologije 175 milijard USD preko 100 različnih programov v 70 državah, pretežno (65 %) v obliki davčnih olajšav, ostalo (35 %) pa v obliki subvencij (IEA, 2024). Približno polovica tega je bila namenjena investicijam in ukrepom URE, polovica pa nakupom električnih vozil.

V povezavi s subvencijami se pojavlja tudi problem zastojkarstva, kar pomeni, da bi gospodinjstva investicije vseeno izvedla, tudi če subvencij ne bi prejela. Ta problem povzroča nepotrebno porabo javnih sredstev, ki bi jih lahko usmerili v pomoč pri investiranju manj premožnih dohodkovnih skupin in s tem dosegli večje učinke. Ta problem je prisoten povsod, ne samo v Sloveniji, kjer je bil pri energetske učinkovitih prenovah domov v določenih letih delež zastojkarjev med 50 % in 60 % (Dolšak et al., 2020) in je primerljiv z drugimi državami.

4. DRUŽBENI VIDIKI

Pri družbenih vidikih oskrbe in rabe energije je veliko pozornosti namenjeno dostopnosti energije in energetske revščini, ki nista sopomenki. **Dostopnost energije** pomeni, da imajo ljudje fizični dostop do energije oziroma energetskih storitev. Nedostopnost je razširjena zlasti v manj razvitih državah. IEA (2024) navaja, da 2,3 milijarde ljudi nima dostopa do čistega načina kuhanja in 760 milijonov do elektrike, pretežno v Afriki in nerazvitih predelih Azije.

Za Evropo je **energetska revščina** večji problem kot dostopnost energije. Zanj ni enotne definicije in kazalcev merjenja, natančna obravnava tega problema pa presega namen tega prispevka. Eden izmed kazalcev je delež energetskih izdatkov v vseh izdatkih gospodinjstev. Energetsko revna gospodinjstva so tista, ki porabijo več kot 10 % za energijo. Teh je bilo v svetu v letih 2019 – 2023 okrog 100 milijonov, od tega v Evropi nekaj nad 60 milijonov (IEA, 2024). Ta definicija pa ne naslavlja manjšega trošenja energetskih storitev, ker si jih gospodinjstva ne morejo privoščiti, zato EU priporoča večdimenzionalni pristop, kjer se upošteva tudi samozaznavana energetska revščina. Po anketi o življenjskih pogojih (EU – SILC), ki se izvaja tudi v Sloveniji, se za določitev energetske revnih gospodinjstev uporabljajo trije kriteriji:

- gospodinjstva so finančno nezmožna zagotoviti primerno ogrevano stanovanje,
- zamujajo s plačili stanovanjskih stroškov (voda, elektrika, ogrevanje, komunalne storitve) zaradi finančne stiske in

- imajo neustrezne bivanjske razmere (puščajoča streha, vlažne stene, tla, trhli okenski okvirji).

Po teh kriterijih je bilo v Sloveniji leta 2023 62.000 energetske revnih gospodinjstev ali 7,2 % vseh, v katerih je živel 109.000 oseb (SURS, 2024). Slovenija beleži trendno postopno upadanje energetske revščine; število energetske revnih gospodinjstev se je zmanjšalo za 26.000 od 2014 do 2023, delež pa za več kot 3,5 odstotne točke. V letu 2023 je bila energetska revščina najbolj prisotna v enočlanskih gospodinjstvih (14,6 %) ter enočlanskih z vsaj enim vzdrževanim otrokom (9 %). Geografsko je precej bolj prisotna v gospodarsko manj razviti vzhodni Sloveniji (9,2 %) kot v razvitejši zahodni Sloveniji (5,1 %) (SURS, 2024). Najpomembnejši vzrok za njen pojav so bile slabe bivalne razmere, nato zamuda s plačili stanovanjskih stroškov, najmanj pa se kot vzrok pojavlja nezmožnost zagotoviti primerno ogrevano stanovanje.

Če iz podatkovne baze EU – SILC izračunamo indeks energetske revščine kot so ga izračunali Primc et al. (2018) tako, da ima nezmožnost zagotoviti si primerno ogrevano stanovanje utež 0,5, ostala dva kriterija pa po 0,25, lahko ugotovimo, da je energetska revščina manj prisotna v Sloveniji (indeks 8,1) kot v EU (indeks 10,0). Slovenija je od leta 2015 precej izboljšala stanje, saj je bila tedaj energetska revščina (indeks 13,9) precej nad povprečjem EU (indeks 10,8) (Primc et al., 2018). Tako kot leta 2015 so leta 2023 za energetske revščino najbolj krive neustrezne stanovanjske razmere, v katerih živi kar 18,5 % prebivalstva v anketi. Po tem kazalcu smo šesta najslabše uvrščena država v EU. Zelo ugodno pa se je Slovenija uvrstila glede nezmožnosti zagotovitve primerno ogrevanega stanovanja, saj ta pesti le 3,9 % prebivalstva v anketi, bolje od Slovenije pa sta se uvrstili le Finska in Luksemburg. Ta dejstva zahtevajo okrepitev ukrepov za energetske prenovne stanovanj.

Preglednica 1: Mednarodna primerjava energetske revščine

Država	Nezmožnost plačil	Neustrezne bivanjske razmere	Zamude s plačili	Indeks 2023	Indeks 2015
Avstrija	3,9	10,5	5,5	6,0	5,1
Belgija	6,0	14,5	3,7	7,6	8,4
Bolgarija	20,7	8,4	17,8	16,9	30,7
Ciper	16,9	31,6	9,0	18,6	25,8
Češka	6,1	8,5	1,9	5,7	5,5
Danska	6,9	15,0	4,7	8,4	6,7
Estonija	4,1	10,5	4,6	5,8	6,3
Finska	2,6	5,3	7,4	4,5	3,8
Francija	12,1	21,1	7,5	13,2	7,4
Grčija	19,2	13,5	32,9	21,2	28,9
Hrvaška	6,2	5,6	11,6	7,4	14,9
Irska	7,2	n.p.	7,6	5,5	11,7
Italija	9,5	17,1	4,1	10,1	17,7
Latvija	6,6	18,8	7,0	9,8	17,5
Litva	20,0	8,6	6,5	13,8	21,9
Luksemburg	2,1	18,0	4,8	6,8	4,7
Madžarska	7,2	12,6	7,3	8,6	16,0
Malta	6,8	7,2	4,9	6,4	12,1
Nemčija	8,2	16,0	5,4	9,5	6,3
Nizozemska	6,9	14,9	1,1	7,5	6,1
Poljska	4,7	5,7	4,0	4,8	9,0
Portugalska	20,8	29,0	3,8	18,6	20,9
Romunija	12,5	7,5	13,6	11,5	14,1
Slovaška	8,1	5,8	7,2	7,3	5,9
Slovenija	3,6	18,5	6,6	8,1	13,9
Španija	20,8	23,0	9,6	18,6	11,3
Švedska	5,9	4,8	3,3	5,0	3,3
EU	9,5	13,5	7,5	10,0	10,8

Opomba: V izračunu 2015 je bilo tudi Združeno kraljestvo z indeksom 9,4. EU je leta 2015 štela 28 držav. Indeks za EU smo izračunali kot enostavno povprečje indeksov držav EU.

Vir: Izračuni na podlagi podatkov EC (2024b) za leto 2023 in Primc et al. (2018) za leto 2015.

Slovenija je sprejela številne ukrepe za zmanjšanje energetske revščine (med drugim Uredbo o merilih za opredelitev in ocenjevanje števila energetske revnih gospodinjstev (**Ur. l. RS, št. 132/2022**), **Akcijski načrt** za zmanjševanje energetske revščine za obdobje treh let, brezplačno energetske svetovanje na domu (projekt ZERO) in 100 - odstotno subvencioniranje prenove stavb (ZERO 500)), v Akcijskem načrtu (Vlada RS, 2023) pa si je zadala naslednje cilje:

- največ med 3,8 in 4,6 % energetske revnih gospodinjstev
- naložbe v URE in OVE v najmanj 8.000 energetske revnih gospodinjstev
- ciljni prihranek energije v letih 2021 - 2030 573 GWh.

Med ostalimi družbenimi vidiki je pomemben vpliv energetike na **zaposlovanje**, kjer predstavljamo le nekaj dejstev. IEA (2023a) ocenjuje, da bomo za zeleni prehod potrebovali do leta 2030 7 milijonov novih delovnih mest v scenariju z obstoječimi ukrepi (STETS) in 30 milijonov v scenariju ničelnih emisij (NEZ). Čeprav so v čistem energetskem prehodu velike priložnosti za zaposlovanje, bo pomanjkanje ustrezne delovne sile resen izziv. Evropska komisija (EC, 2023b) v poročilu za Slovenijo ocenjuje, da je leta 2022 v Sloveniji primanjkovalo 66 poklicev, ki so pomembni za zeleno tranzicijo kot so gradbeniki, inženirji, IT strokovnjaki (EC, 2023b), Slovenija beleži tudi največji primanjkljaj IT strokovnjakov v EU (EC, 2024a). V naslednjih petih letih naj bi se v Sloveniji število inženirjev zmanjšalo za 20 %, kar lahko ogrozi zelene investicijske projekte. Tudi sicer je v EU prisotno veliko pomanjkanje delovne sile v vseh sektorjih. Kar četrtina podjetij v EU se srečuje s pomanjkanjem kadra in kar 77 % podjetij meni, da novozaposleni nimajo ustreznih veščin (Draghi, 2024). Pomanjkanje delovne sile pa je za 60 % podjetij tudi pomembna ovira za investicije. Zato bo nujno nasloviti pomanjkanje delovne sile, še zlasti pomanjkanje digitalnih znanj in znanj za zeleni prehod, povečati produktivnost in digitalno preobrazbo gospodarstva.

Zelo pomembni so tudi vplivi energetike na **zdravje**, ki se pogosto pojavljajo posredno, preko negativnih vplivov na vse elemente okolja. V Sloveniji bi veljalo izpostaviti onesnaževanje s trdimi delci PM_{2,5}, ki je bilo leta 2020 nad povprečjem EU, tega leta pa je po oceni Evropske komisije 97 % ljudi v Sloveniji **živel** na območjih izpostavljenih kritičnim nivojem emisij (EC, 2023b). Vendar pa podatki ARSO za leto 2023 kažejo, da mejna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu (UMAR, 2024). Ekstremni vremenski dogodki, ki povzročajo smrtne žrtve v svetu, na primer ekstremna vročina leta 2022 z 61.000 dodatnimi smrtnimi žrtvami (EC, 2023a), pa v Sloveniji zaenkrat povzročajo samo materialno in psihološko škodo. IEA (2024) ocenjuje velik pozitiven vpliv zelenega prehoda na zdravje, saj naj bi se smrtne žrtve zaradi onesnaženega zraka zmanjšale za 40 % v scenariju ničelnih emisij (NZE) v primerjavi z obstoječimi ukrepi (STEPS) in to zlasti v manj razvitih državah.

Eden najpomembnejših družbenih vidikov je **vkjučevanje javnosti** v odločanje o energetskih projektih, ki je zakonodajno predpisano in omogoča številne odpore do gradnje zelenih objektov (hidroelektrarn, sončnih in vetrnih elektrarn, črpalnih hidroelektrarn, energetske infrastrukture) ter predstavlja poseben izziv za uravnoteženje ekonomskih, okoljskih in družbenih vidikov energetike.

4 ZAKLJUČKI

Zaradi obsežnosti in večplastnosti teme smo v prispevku lahko opozorili le na določene okoljske, ekonomske in družbene vidike oskrbe in rabe energije. Pri okoljskem vidiku smo se dotaknili emisij toplogrednih plinov in biotske raznovrstnosti. Čeprav beležimo 30 – letni trend zmanjševanja emisij in je energetika največ prispevala k znižanju, pa EU in svet globalno brez dodatnih ukrepov in investicij v čiste tehnologije nista na poti, da bi dosegla cilje Pariškega podnebne sporazuma. Slovenija je sledila padajočemu trendu emisij TGP v EU in je s 7,7 ton izpustov na prebivalca tik pod povprečjem EU. Biodiverziteti se poslabšuje tako v Sloveniji kot v sosednjih državah, slovenskega prebivalca pa so izgube iz naslova ekstremnih vremenskih dogodkov prizadele 90 % bolj

kot povprečnega prebivalca držav EU. Velika omejitev za slovensko energetiko so tudi zaščitena območja v okviru Nature 2000, ki pokrivajo 38 % celotnega območja in s tem deležem uvrščajo Slovenijo na prvo mesto v EU.

Pri ekonomskih vidikih smo naslovili tri zadeve: problematiko delovanja veleprodajnih trgov, obseg in financiranje investicij za zeleni prehod ter obdavčitev in subvencije. Na veleprodajnih trgih so problem visoke cene fosilnih goriv (plina) in vezava cen električne energije na plin, ki povzroča precejšnjo negotovost in volatilitnost cen in spričo visoke koncentriranosti trga tudi višje rente trgovcev, vezanost cene električne energije na fosilna goriva pa naj bi se ohranila vsaj do konca desetletja. Tudi dologoročne pogodbe v obliki PPA in pogodb na razliko (CfD), ki se predlagajo kot rešitev, imajo v EU in Sloveniji še omejeno uporabo. Dodatno volatilitnost vnaša na trg sončna energija zaradi »račje krivulje«, pojavnost negativnih cen v času visokega osončenja pa se je v zadnjem času močno povečala. Rešitev je trg prožnosti z upravljanjem odjema ter investicije v hranilnike, ki so v letu 2023 doživele velik zagon, do leta 2030 pa naj bi se po ocenah tudi kapacitete na omrežjih vsaj petkrat povečale. Pomemben vzvod je tudi padec cen hranilnikov, za Evropo manj vzpodbudno dejstvo pa je, da je med največjimi proizvajalci največ kitajskih podjetij.

Za zeleni prehod bodo potrebne velike investicije v čiste energetske tehnologije, ki so leta 2023 z dvema tretjinama od 3 bilijonov USD vseh že presegle investicije v fosilne vire, scenarij ničelnih emisij IEA pa bi zahteval povečanje investicij v energetske tehnologije na več kot 5 bilijonov USD. Zelena tranzicija v EU zahteva 477 milijard javnih in zasebnih sredstev letno, samo doseganja cilja OVE pa skoraj potrojitev energije iz sonca in več kot dvakrat energije iz vetra.

Tri četrtine investicij se danes financira s komercialnimi viri in rahla večina s pretežno lastniškim kapitalom, delež dolžniškega financiranja pa je večji v čisti energetski proizvodnji ter pri omrežjih in hranilnikih, do leta 2035 pa naj bi se delež dolžniškega financiranja pri čistih energetskih projektih še povečal. Zato ni presenetljivo občutno povečanje zelenih kreditov in zelenih obveznic v EU v letu 2022, pri čemer pa ostaja tržna kapitalizacija zelenih podjetij z 10 - odstotnim deležem še skromna. Opozoriti velja tudi na visoke stroške financiranja, ki pri investicijah v fotovoltaike zajemajo četrtino vseh investicijskih stroškov v razvitih državah, v manj razvitih pa celo polovico.

Cene električne energije v EU poganja tudi povečanje cen emisijskih dovolilnic za izpuste CO₂, ki povzroča nekonkurenčnost fosilnih goriv, zlasti premoga, kar je močno načelo ekonomsko vzdržnost poslovanja TEŠ 6 in Premogovnika Velenje v Sloveniji. Čeprav imajo tudi nekatere druge države v EU podobne sheme trgovanja z emisijskimi kuponi kot EU, na primer Kalifornija, ki ima v shemo vključenih 80 % vseh emisij, pa so cene primerjalno z Evropo nižje. To po eni dodatno načena konkurenčnost evropskega gospodarstva, po drugi strani pa študije kažejo na pozitivne vplive EU ETS sheme na inovativnost in investicije v čiste tehnologije. Tudi za Slovenijo modelska ocena kaže na spodbudno delovanje z vidika zmanjšanja emisij (za 10 % do 2030), rahlo negativen vpliv na BDP pa bi lahko ublažili z ustreznimi ukrepi fiskalne politike.

Za blaženje posledic energetske krize povzročene z rusko-ukrajinsko vojno je EU od jeseni 2021 do začetka 2023 namenila 646 milijard EUR, kar je imelo tudi negativne posledice v obliki povečanja proračunih primanjkljajev držav in pomanjkanja cenovnega signala za odjemalce za zniževanje porabe. Poleg tega enkratnega kratkoročnega ukrepa pa na strani subvencij ostajajo vprašljive zlasti obsežne subvencije za fosilna goriva, ki so leta 2023 znašale kar 620 milijard USD v svetu, subvencije uporabnikom za ukrepe URE in OVE pa le 70 milijard USD. Gospodinjstva prispevajo petino investicij v čisto energijo, eno desetino tega pa pokrijejo subvencije. Pri subvencijah za ukrepe URE in OVE je prisoten problem zastojkarstva, ki bi zahteval popravke shem z bolj dohodkovno usmerjenim pristopom, s čimer bi naslovili redistributivni vidik subvencij na podlagi očitkov, da te bolj koristijo premožnejšim.

Med družbenimi vidiki se najbolj poudarja dostopnost energije in energetska revščina, ki se v Sloveniji trendno zmanjšuje in je najbolj prisotna v enočlanskih in enostarševskih gospodinjstvih z vsaj enim otrokom ter v manj razviti vzhodni kohezijski regiji. Slovenija poskuša s številni ukrepi še nadalje zmanjševati prisotnost energetske revščine, ki naj bi se po ciljeh NEPN znižala iz 7,2 % revnih gospodinjstev v letu 2023 na med

3,8 % do 4,6 % leta 2030.

Pomemben družbeni vidik je tudi vpliv na zaposlovanje, kjer se v sektorju čistih energetske tehnologije odpirajo velike priložnosti, vendar bo problem pomanjkanje ustrezno usposobljenega strokovnega kadra. V Sloveniji naj bi primanjkovalo kar 66 poklicev, ki so pomembni za zeleno tranzicijo. Pomanjkanje kadra je poleg zapletenih administrativnih postopkov pridobivanja dovoljenj in pridobivanja finančnih virov prepoznano kot najpomembnejša ovira podjetij za investiranje. Pomembni so tudi vplivi na zdravje preko podnebnih sprememb in ekstremnih vremenskih dogodkov, saj se število smrtnih žrtev zaradi njih močno povečuje, z zasledovanjem scenarija ničelnih emisij pa bi lahko smrti zaradi onesnaženega zraka močno zmanjšali.

Zaradi napovedanih cenovnih trendov pa bo energetski zeleni prehod tudi v scenariju z obstoječimi ukrepi blažil druginjo, saj naj bi se po napovedih IAE zaradi spremembe porabe v smeri večjega deleža električne energije in padca cen fosilnih goriv stroški gospodinjstev za energijo zmanjšali kar za 20 %.

5 REFERENCE

1. ACER (2024). Key Developments in Electricity Wholesale Markets. 2024 Market Monitoring Report.
2. Agencija za energijo (2024). Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji 2023.
3. Dolšak, J., Hrovatin, N., & Zorić, J. (2020). Factors impacting energy-efficient retrofits in the residential sector: The effectiveness of the Slovenian subsidy program. *Energy and Buildings*, 229, 110501.
4. Draghi, M. (2024). The Future of European Competitiveness. Part A: A Competitiveness Strategy for Europe.
5. EC (2023a). Climate Action Progress Report.
6. EC (2023b). 2023 Country Report. Slovenia.
7. EC (2024a). Slovenia. 2024 Country Report.
8. EC (2024b): Energy Poverty Advisory Hub. Indicators. <https://energy-poverty.ec.europa.eu/epah-indicators#>
9. Economist (1.9.2024). Clean energy's next trillion-dollar business. Grid-scale batteries are taking off at last.
10. EU (brez datuma, a). State of the Energy Union 2023: Further action needed to accelerate climate action. https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/climate-action-progress-report-2023-2023-10-24_en
11. EU (brez datuma, b). Electricity Market Reform. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/electricity-market-reform/>
12. Eurostat.
13. IEA (2023a). World Energy Outlook 2023.
14. IEA (2023b). Government Energy Spending Tracker. <https://www.iea.org/reports/government-energy-spending-tracker-2>
15. IEA (2023c). Fossil Fuel Subsidies in Clean Energy Transitions: Time for a New Approach?
16. IEA (2024). Strategies for Affordable and Fair Clean Energy Transitions.
17. MOPE (2024). Osnutek predloga posodobitve (2024): celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije. Verzija 5, avgust 2024.
18. Primc, K., Slabe Erker, R., Majcen, B. (2018). Energetska revščina v Sloveniji. Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana.
19. Sgaravatti, G., Tagliapietra, S., Trasi, C. (2023). The fiscal side of Europe's energy crisis: the facts, problems and prospects. Blog post. Bruegel: <https://www.bruegel.org/blog-post/fiscal-side-europes-energy-crisis-facts-problems-and-prospects>
20. Statista (brez datuma, a): Daily European Union Emission Trading System (EU-ETS) carbon pricing from 2022 to 2024. <https://www.statista.com/statistics/1322214/carbon-prices-european-union-emission-trading-scheme/>
21. Statista (brez datuma, b): Average carbon price expectations worldwide from 2022 to 2030, by trading system. <https://www.statista.com/statistics/1334906/average-carbon-price-projections-worldwide-by-region/>
22. SURS (2024). Energetska revščina. Pridobljeno na: <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/12712>
23. UMAR (2024). Poročilo o razvoju 2024.
24. Vlada RS (2023). Akcijski načrt za zmanjševanje energetske revščine za obdobje treh let. Ljubljana, november 2023.

Je mogoč zeleni prehod zgolj z OVE?

Aleksander Mervar

Tako imenovan »100 % OVE« scenarij po moji oceni ni realen.

To trditev sem empirično dokazal na podlagi lastnih izračunov in analiz občutljivosti glede na različne scenarije. Višji delež nestabilnih proizvodnih virov OVE namreč povečuje potrebo po hranilnikih in kapacitetah OCGT. Večanje razkoraka med instalirano močjo SE in konično porabo povečuje delež t.i. »nepotrebne EE iz SE«, kar vodi v negativne cene ali izklapljanje SE.

Zakaj sem se lotil te obsežne analize?

Letos poleti sem kot direktor družbe ELES prejel prošnjo resornega ministrstva, da pripravim analizo »100% OVE« scenarija v elektroenergetskem sektorju Slovenije za leto 2050. Dopisu so bili priloženi izhodiščni podatki z napotkom, da naj izračuni upoštevajo podane količine proizvedene električne energije iz OVE za leto 2030 ter usmeritve za leto 2050, vključno z izračunom potrebnih vlaganj v plinske elektrarne (OCGT, CCGT), ovrednotenjem potrebnih vlaganj v elektroenergetsko omrežje in še nekaj drugih usmeritev. Dopis nalaga, naj se izračuni osredotočajo na leto 2030 kot izhodiščno leto in na leto 2050 kot končno leto analize. V spodnjem prispevku tako predstavljam svoje ugotovitve o realnosti zelenega prehoda na področju elektroenergetike zgolj z obnovljivimi viri energije (OVE).

Ne glede na izhodišča sem k analizi pristopil s prilagojeno ciljno letnico 2044. V tem letu se namreč izteka življenjska doba NEK, življenjska doba TEŠ se izteče že desetletje prej, medtem pa po moji oceni JEK 2 – če bo sprejeta odločitev o izvedbi investicije - leta 2040 še ne bo v obratovanju, čeprav je v uradnih dokumentih to leto navedeno kot prvo leto poskusnega obratovanja.

Kako sem se lotil analize?

V analizi sem med drugim upošteval povečanje porabe EE zaradi rasti moči toplotnih črpalk, zaradi rasti e-mobilnosti, obratovalni režimi HE so obrnjeni (akumuliranje preko dneva, proizvodnja v nočnih urah, ravno tako ČHE), kot hranilnike sem upošteval baterije (vehicle to grid, sistemske baterije, komercialne baterije) in ČHE. Upoštevane so tudi izgube ciklov hranjenja in ponovne porabe. Dodana je tudi proizvodnja iz plinskih OCGT za glajenje urnih mankov.

Prepričan sem, da je največja pomanjkljivost vseh dosedanjih izračunov, ki so navedeni v številnih slovenskih dokumentih, strategijah, v tem, da so v njih upoštevane bilance električne energije (EE) na letni osnovi. Sam menim, da je takšen pristop napačen, pridobljeni rezultati pa zavajajoči. Sam namesto letnih v svojih analizah in izračunih uporabljam urne bilance. Ob tem se zavedam, da je takšen - avtorski - pristop v naši državi in regiji unikum, a ga sam trdno zagovarjam: prvič sem ga uporabil ob izračunavanju projekcij urnih bilanc za leta 2023 do 2050 – v obdobju december 2021 – april 2022 sem sodeloval v ekspertni skupini, ki je pripravila dokument »Usmeritve slovenske elektroenergetike do leta 2050«. Takrat sem zasnoval metodologijo, ki temelji na urnih podatkih proizvodnje in porabe EE, upoštevajoč dve vrsti hranilnikov (ČHE in baterije) ter proizvodnji zelenega vodika iz viškov proizvedene EE iz SE. Za namen pričujoče analize sem tedaj uporabljeno metodologijo nadgradil in na njeni osnovi izvedel izračune ter analizo.

Aktualne analize sem se lotil sam, s pomočjo svojih sodelavcev pa sem pridobil najbolj verodostojne, ažurne in realne podatke. Izračuni in izsledki temeljijo na več kot 8 milijonih različnih podatkih in formulah. Določil sem 10 variant izračuna, ki se med seboj razlikujejo predvsem v dveh postavkah: NEK do leta 2043 ali do leta 2063, brez ali z JEK 2.

Vse izračune sem večkrat logično preverjal. Za njimi stojim in jih zagovarjam.

Posebno pozornost sem posvetil izračunu ekonomike za SE pri različnih prodajnih cenah MWh EE, pri različnih capacity factors (C.F.) in investicijskih izdatkih ter proizvodnji zelenega vodika s pomočjo elektrolize viškov EE z upoštevanjem dveh spremenljivk (C.F. in vhodna cena MWh EE). Na podlagi teh izračunov namreč skušam izpostaviti predvsem pomanjkanje razmisleka v številnih domačih in tujih strokovnih članih, ki se nanašajo na proizvodnjo zelenega vodika v procesu elektrolize, hrambo viškov EE iz SE v baterijah in uporaba viškov proizvedene EE iz SE za črpalni način delovanja ČHE. Vsem je skupno, da bo viškov EE iz OVE dovolj, da bodo nabavne cene za hranilnike oziroma pretvorbo nizke, v določenih časovnih intervalnih celo negativne. Čeprav se z navedbo načeloma strinjam, pa se sprašujem, kdo bo v tem primeru investiral v SE, če bo že v naprej obsojen na »nasedlo« investicijo? Investicija ne bo nasedla le, če se bo država, kjer bo umeščena SE, še naprej izdatno subvencionirala investicije v SE. Že v tem trenutku se investicije v SE in kakšne druge OVE tehnologije brez subvencij ali zajamčenih odkupnih cen EE ne izplačajo. Pri tem aktualna ureditev ne predvideva obvezne uporabe baterij, ki bi morale biti po mojem prepričanju in z vidika zanesljivega delovanja elektroenergetskega omrežja obvezen sestavni del investicije v SE in VE. Marsikdo zelo poenostavljeno razlaga možnost proizvodnje zelenega vodika iz viškov proizvedene EE iz OVE po logiki, ko je EE iz OVE preveč, jo bomo porabili v elektrolizi. Trditev ne drži. Če in ko se bomo odločali o investicijah v elektrolizo za proizvodnjo zelenega vodika, si moramo odgovoriti predvsem na štiri vprašanja:

Koliko bo na razpolago viškov EE iz OVE in po kakšni nabavni ceni?

Kakšno moč elektrolize potrebujemo, da bo proces, merjen skozi doseganja C.F., optimalen?

Kakšna bosta CAPEX in OPEX tako za elektrolizo kot tudi za sisteme hrambe in transporta?

Za kaj bomo uporabili zeleni vodik?

Na podlagi svoje analize torej trdim, da tako imenovani »100 % OVE« scenarij ni realen. Višji delež nestabilnih proizvodnih virov OVE namreč povečuje potrebo po hranilnikih in kapacitetah OCGT. Večanje razkoraka med instalirano močjo SE in konično porabo povečuje delež t.i. »nepotrebne EE iz SE«, kar vodi v negativne cene ali izklapljanje SE.

Nisem optimist glede uspešnosti realizacije investicij v velika polja VE. Potencial za umestitev velikih proizvodnih enot OVE je v Sloveniji omejen na velike HE in ga z vidika proizvodnje ocenjujem na približno 1.500 GWh/letno in na potencial SE, pri čemer pa imajo slednje v primerjavo z ostalimi proizvodnimi OVE najslabše proizvodne karakteristike. Njihov čas proizvodnje EE je v povprečju omejen na obdobje med 6.00 in 20.00 uro, z izrazitim padcem proizvodnje v obdobju 15.11 do 15.03. (zimski meseci).

Primerjava instaliranih moči in proizvodnje JEK 2 in SE pokaže, da bi za letno pasovno proizvodnjo 9.058 GWh (JEK 2, C.F. 0,94) oziroma za isto količino proizvedene EE iz SE pri C.F. 0,12 potrebovali 8.615 MW instaliranih kapacitet SE. Pri tem gre za letno proizvodnjo, ne upoštevajoč dejstvo, da je proizvodnja SE neodvisna od dejanskih potreb prebivalstva. Upoštevajoč še to dejstvo in izračune iz scenarija 100 % OVE, se potrebna instalirana moč SE dvigne na 19.750 MW, saj bi bilo na podlagi izračunov kar 46% proizvedene EE iz SE presežnih.

Prav tako trdim, da je t.i. »jedrski scenarij«, predstavljen v dokumentu »IJS konzorcij: NEPN 2024 – osnutek (maj 2024)«, ki predvideva, da bi bilo v primeru izgradnje JEK 2 potrebnih 7.515 MW SE, napačen, saj so njegovi avtorji pri izračunih izhajali iz podatkov oziroma bilanc na letnem in ne na urnem nivoju. Trdim, da je 7.515 MW SE bistveno preveč.

Pri tem je pomembno dejstvo, da hramba oziroma pretvorba viškov proizvedene EE (praviloma) iz SE ustvarja občutne izgube EE. Pri hrambi oziroma pretvorbi se izgubi med 15 do 25 odstotkov porabljene EE, pri ČHE (razlika med vloženo EE za črpanje in proizvodnjo v generatorskem režimu obratovanja) do 25 odstotkov in okrog 15 odstotkov pri ciklu polnjenja/praznjenja baterij. V primeru pretvorbe viškov EE iz SE v zeleni vodik s pomočjo elektrolizerjev in uporabe tega vodika za proizvodnjo EE v OCGT/CCGT, so ocenjene izgube med 52 odstotkov (CCGT) in 68 odstotkov (OCGT).

Če tako imenov »100% OVE« scenarij po moji oceni ni realen, kateri scenariji pa so? Na podlagi svoje analize trdim, da so za Slovenijo najbolj optimalni in relano izvedljivi sledeči scenariji:

- *scenarij z NEK do 2063 in z JEK 2 ter 3.250 MW SE*
- *drugi najbolj ocenjena varianta je brez NEK do 2063, brez JEK 2, 8.595 MW SE*
- *tretji najbolj ocenjen scenarij je z NEK do 2064 in brez JEK 2 ter 7.000 MW*

Za optimalnejšo in lažjo odločitev pristojnih sem naredil SWOT analizo za vse tri najboljše variante in varianto 100% OVE.

Razvoj energetskega sistema Slovenije: Pot do trajnostne prihodnosti v skladu s podnebnimi zavezami do leta 2050

Boris Sučić^{1,*} in Stane Merše¹

¹ Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Boris Sučić

Institut Jožef Stefan – Center za energetske učinkovitost

E-pošta: boris.sucic@ijs.si

Povzetek: V prispevku so predstavljeni rezultati različnih analiz, ki obravnavajo problematiko bodočega razvoja energetskega sektorja v Sloveniji. Prehod v podnebno nevtrarno gospodarstvo pomeni veliko razvojno priložnost in hkrati razvojni izziv za slovensko energetiko, saj je potrebno zmanjšati stroške in doseči čim boljše okoljske, ekonomske, tehnološke in druge učinke tega prehoda. Rezultati opravljenih analiz jasno nakazujejo, da država mora oblikovati ustrezne predpise in ukrepe, s katerimi bi spodbudila sodelovanje vseh deležnikov, ki pomembno vplivajo na bodoči razvoj energetskega sektorja v Sloveniji. Pri tem imamo v mislih podjetja za proizvodnjo električne energije in toplote, upravljalce prenosnih in distribucijskih omrežij, podjetja za trgovanje z energijo in energetskimi storitvami, energetsko intenzivna industrijska podjetja, znanstvenoraziskovalne institucije, lokalne skupnosti in predstavnike nevladnega sektorja. Sistematično izvajanje naprednih projektov in spremljanje njihovih učinkov je ključnega pomena za doseganje zastavljenih ciljev. Izhodišče bodočega razvoja energetskega sektorja je diverzifikacija virov, lokacij in tehnologij, kot temelj ohranjanja in povečevanja zanesljivosti oskrbe z energijo. Za vse bodoče projekte moramo izbrati pravilno strategijo za pridobivanje podpore celotnega prebivalstva. V zaključku prispevka so objektivno predstavljeni izzivi prihodnjega razvoja energetike v Sloveniji v skladu s sprejetimi zavezami na poti k skupnim ciljem pravičnega prehoda v podnebno nevtrarno družbo do leta 2050.

Ključne besede: Nacionalni energetski in podnebni načrt, trajnostni razvoj, podnebna nevtrarnost, energetska in snovna učinkovitost, obnovljivi viri energije.

Pomen učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v energetske prehod Slovenije

Alojz Poredoš

Slovensko združenje za energetiko SZE

Kontaktna oseba:

Alojz Poredoš

E-pošta: alozj.poredos@sze.si

Ključne besede: Učinkovita raba energije, obnovljivi viri energije, faktor primarne energije, LCA analiza

1 UVOD

Energetska učinkovitost (URE) na prem mestu (»Energy efficiency first«) je pred desetletji uveljavljen in čedalje bolj upoštevan princip upravljanja z energijo. Direktiva o energetske učinkovitosti EU2023 [1] močno poudarja energetske učinkovitost kot prvi ključni element zelenega prehoda. Nedvomno so dokazani mnogi neposredni in posredni pozitivni učinki učinkovite rabe energije na gospodarski razvoj, okolje in zdravje ljudi [2]. Do nedavnega je bila pozornost posvečena predvsem učinkoviti rabi končne energije. Za resnično varčevanje s primarnimi energetske viri moramo zagotoviti energetske učinkovitost v vseh členih verige energetske oskrbe. To so pretvorbe oz. proizvodnja energetske produktov (el. energija, toplota...), transport in distribucija energije ter končna raba energije. Pri vseh projektih učinkovite rabe energije moramo vsekakor poleg energetske upoštevati tudi stroškovno učinkovitost.

Viri energije so omejeni, tako fosilni kot nefosilni. Obnovljivi viri energije (OVE) imajo prednost pred fosilnimi viri zaradi bistveno nižjih emisij pri njihovi izrabi. Energetske oskrbe iz OVE ne smemo načrtovati na osnovi teoretičnega potenciala, ampak na osnovi realno ocenjenega tehničnega potenciala. Pri tem moramo opraviti analizo emisijske koristi posameznega OVE in jih na osnovi tega razvrstiti v prioriteten vrsti red. Temeljita analiza, kot na primer LCA analiza skozi življenjski cikel, nam pokaže, da ne obstaja povsem emisijsko nevtralen OVE.

2 UČINKOVITA RABA ENERGIJE

Najcenejša in okolju najbolj prijazna je energija, ki je ne porabimo. Pri vsaki pretvorbi energije iz ene v drugo obliko nastopijo izgube. V **termoenergetskih proizvodnih objektih** lahko pretvorimo le del primarne energije v električno energijo, večji del je v obliki toplote. Te ne smemo zavržiti, ampak jo moramo koristno izrabiti za ogrevanje ali tehnološke procese v industriji. V tem primeru govorimo o soproizvodnji. V poletnem času, kadar toplote ne potrebujemo za ogrevanje, jo lahko uporabimo za hlajenje v t.i. trigeneracijskih sistemih. Na ta način dvignemo električni izkoristek iz 35-40% v termoelektrarni na 55 do 65% v soproizvodnji in na več kot 80% v trigeneraciji. Takšne proizvodne objekte moramo locirati tam, kjer je potreba po toploti oz. hladu, da so distribucijske poti energentov čim krajše.

Pri **transportu in distribuciji** energije nastajajo prav tako izgube, ki so posledica rabe energije za prečrpavanje in posledica različnih potencialov energije glede na okolico. Električno energijo uspešno prenašamo in distribuiramo z relativno majhnimi izgubami. Izgube pri transportu in distribuciji toplote so znatno večje. Povprečne toplotne izgube pri transportu in distribuciji v daljinskih ogrevalnih sistemih so v minulem letu znašale kar 17,6% [3].

V Sloveniji v zadnjem obdobju dosegamo relativno dobre rezultate učinkovitosti pri **končni rabi energije**,

predvsem v stavbnem sektorju, nekoliko slabše v industriji, še slabše pa v prometu. Glede na zavezujoči cilj moramo v Sloveniji do leta 2030 doseči 32,5% povečanje energetske učinkovitosti glede na leto 2007. S sedanjimi trendi na celotnem področju, predvsem v prometu, bo ta cilj težko dosegljiv in potrebni bodo dodatni ukrepi.

Energetsko učinkovitost v celotni verigi energetske oskrbe merimo s faktorjem primarne energije.

$$FPE = \frac{V \text{ energetskega sistema vložena primarna energija}}{\text{Končnemu porabniku predana energija}}$$

Povprečni FPE pri proizvodnji električne energije v Sloveniji je 2,5.

3 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Največji potencial obnovljivih virov v Sloveniji predstavlja **sončna energija**. Pomembna je predvsem fotovoltaična proizvodnja električne energije, manjši pomen ima proizvodnja toplote. V Sloveniji smo v letu 2023 presegli 1000 MW moči instaliranih sončnih elektrarn, ki so proizvedle okrog 7% vse električne energije v Sloveniji [3]. Mislim, da je cilj instaliranih 3500MW moči sončnih elektrarn po napovedih NEPN brez težav dosegljiv.

Vetni potencial za proizvodnjo električne energije je zaradi geografskih značilnosti Slovenije relativno skromen. Pri postavitvi vetrnih elektrarn imamo v Sloveniji kar nekaj težav. Potrebno bo posodobiti zakonodajo umeščanja energetskega objekta v prostor in skrajšati postopke pridobivanja potrebne dokumentacije.

Lesna Biomasa je prav tako pomemben obnovljivi vir energije v Sloveniji, ki pa je premalo izkoriščen. Žal jo v glavnem izkoriščamo samo za proizvodnjo toplote, ne pa tudi za proizvodnjo dragocene električne energije. Za doseganje čim večje emisijske koristi jo moramo uporabljati lokalne, ker s transportom na daljše razdalje zmanjšamo ali celo izničimo te koristi. Kurjenje lesne biomase je potrebno preseliti iz individualnih kurišč v lokalne sisteme daljinskega ogrevanja, kjer je zgorevanje kontrolirano, z višjimi energetske izkoristki in z manjšimi emisijami predvsem trdnih delcev.

Potencial **geotermalne energije** je največji v severovzhodnem delu Slovenije. Izrazitega ekonomsko upravičenega potenciala za proizvodnjo električne energije nimamo. Je pa bogat potencial za ogrevanje stanovanjskih objektov, v vrtinarstvu in v poljedelstvu ter v zdraviliščih. V zadnjem obdobju se povečuje izraba plitve geotermalne energije kot vir toplote za toplotne črpalke.

V energetske namene v Sloveniji izrabimo približno 10% **komunalnih odpadkov**. Pri tem proizvedemo približno 20MW toplotne moči in 2MW električne moči. Vlada RS je leta 2022 sprejela Uredbo o opravljanju obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov. Ta je bila letos v javni razpravi in predvideva sežigalnici v Mariboru in v Ljubljani. Predvidena je gradnja sežigalnic na osnovi "BAT-najboljših razpoložljivih tehnologij".

Bioplin, sintetični plini in biogoriva so zaenkrat v energetske oskrbi Slovenije obrobne značaja. Iz bioplina (kmetijstvo, čistilne naprave, odpadki in deponijskega plina) pridobimo letno približno 1% električne energije in 3% toplote. Sintetični plini imajo prihodnost le ob izdatnih količinah električne energije iz OVE. Njihova proizvodnja iz jedrske energije ali celo iz fosilnih virov je neučinkovita in nesmiselna. Emisijska korist biogoriv je lahko glede na način pridobivanja prav tako relativno majhna in znaša po nekaterih raziskavah [5] od 35 do 65%. Popolnoma brezemisijnega biogoriva ni!

Slovenija zavezujočih ciljev deleža OVE zadnjih nekaj let ne dosega. Zato je morala manjkajoči delež kupiti od držav članic EU, ki presegajo cilje. Ta denar bi lahko bolj koristno porabili za vzpodbude, ki bi zagotovile doseganje ciljev.

4 ZAKLJUČKI

- Zasnove novih ali sanacije obstoječih energetskih objektov morajo nujno vključevati analizo učinkovite rabe energije.
- V vseh členih verige energetske oskrbe: pretvorbah, transportu, distribuciji in rabi energije je potrebno zagotoviti energetske učinkovitost.
- Lokacije termoeenergetskih objektov morajo biti izbrane tako, da je možna izraba odvečne toplote za ogrevanje ali tudi za hlajenje.
- Napovedana linearna rast rabe energije z rastjo BDP je neambiciozna in ne temelji na povečanju energetske učinkovitosti.
- Realno emisijsko korist posameznih OVE nam omogoča LCA analiza, zato naj bo ta sestavni del vsakega pomembnega energetskega projekta.
- Rast deleža elektromobilnosti v prometu naj sledi rasti električne energije iz OVE
- Tesna povezava med URE in OVE je ključnega pomena za trajnostno energetske prihodnost.

5 REFERENCE

- [1]Energy Efficiency Directive EU, 13. september 2023
- [2]Česen M. , Al Mansour F: Kateri ukrepi pripomorejo k izboljšanju energetske učinkovitosti? Baza in orodja MURE, 29. 11. 2021
- [3]Agencija za energijo: Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji za leto 2023
- [4]Nacionalni energetske podnebni načrt NEPN, 2024
- [5]EASAC: The current status of biofuels in the European Union, their environmental impacts and future prospects, RSB EU RED (Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED), December 2012

Izzivi merjenja makroekonomskih učinkov zelenega prehoda

dr. Miha Dominko^{1,2}

¹ Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana, Slovenija

² Pravna fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

dr. Miha Dominko

Inštitut za ekonomska raziskovanja

E-pošta: dominkom@ier.si

POVZETEK

Evropski zeleni dogovor stremi k ambicioznemu cilju – doseči podnebno nevtralnost do leta 2050. Ključne komponente zelenega prehoda vključujejo razogljičenje, kar pomeni prehod od fosilnih goriv k obnovljivim virom energije, ter izboljšanje energetske učinkovitosti v industriji, transportu in stavbah. Pomemben del prehoda je tudi krožno gospodarstvo, ki spodbuja zmanjšanje odpadkov, ponovno uporabo virov in trajnostno proizvodnjo. Prehod na trajnostno mobilnost vključuje spodbujanje električnih vozil, javnega prevoza ter kolesarjenja in pešačenja za zmanjšanje emisij iz prometa. Prav tako je ključna zaščita in obnova biotske raznovrstnosti, kar vključuje ohranjanje naravnih ekosistemov in boj proti izgubi biotske raznovrstnosti. Zeleni prehod predstavlja hkrati priložnost in velik izziv, saj je za Evropo ključnega pomena, da ne ogrozi gospodarske rasti in ne poglobi ekonomskih ter socialnih neenakosti med regijami in dohodkovnimi skupinami.

Za uspešnost zelenega prehoda je izjemno pomembno, da merimo njegove makroekonomske učinke, saj tako pridobimo vpogled v vplive na rast gospodarstva, zaposlovanje, investicije in porabo virov. Natančno spremljanje teh učinkov omogoča oblikovanje politik, ki so prilagojene specifičnim potrebam sektorjev in regij ter zagotavljajo, da so koristi prehoda pravično porazdeljene. Vendar je merjenje teh učinkov zahtevno, saj zeleni prehod vključuje dolgoročne spremembe, katerih posledice so težko predvidljive. Negotovost glede prihodnjih inovacij, tehnoloških prebojev in sprememb v vedenju potrošnikov dodatno otežuje napovedovanje makroekonomskih trendov. Poleg tega je merjenje zapleteno zaradi medsebojnih povezav med različnimi sektorji gospodarstva in širšimi globalnimi vplivi, kot so nihanja na energetskih trgih in geopolitika. Zato so potrebna kompleksna orodja, ki navkljub pomanjkljivostim omogočajo simulacijo teh učinkov in oceno dolgoročnih gospodarskih posledic zelenih politik.

Pri soočanju s temi izzivi je bil za oceno učinkov zelenega prehoda v Sloveniji uporabljen izračunljivi model splošnega ravnovesja (CGE), ki omogoča simulacijo vplivov različnih podnebno-energetskih ukrepov na celotno gospodarstvo. Model upošteva kompleksne povezave med sektorji, gospodinjstvi in državo. Ključen vhodni podatek modela je matrika družbenih računov. Ta matrika predstavlja celovit in strukturiran prikaz slovenskega gospodarstva, saj vključuje vse glavne tokove dohodkov in izdatkov v gospodarstvu za določeno leto. Zajema vse pomembne sektorje in akterje ter prikazuje medsebojne povezave med njimi. Kot bazno leto za izračune je bilo uporabljeno leto 2019. Poleg matrike družbenih računov so bili v analizi uporabljeni številni drugi ključni vhodni podatki. Med njimi izstopajo projekcije gospodarske rasti, pridobljene iz referenčnega scenarija EU 2020, ki so predstavljale osnovo za scenarijsko analizo. Vključeni so bili tudi emisijski koeficienti in cene energentov za bazno leto 2019. Pomembno vlogo so igrali parametri elastičnosti, uporabljeni za modeliranje odzivov gospodarstva na različne šoke. Ključni vhodni podatki so zajemali tudi spremembe v energetske učinkovitosti in načrtovane investicije, potrebne za doseg podnebne nevtralnosti Slovenije do leta 2050. Ti podatki so bili vključeni kot šok

v izračunljivem modelu splošnega ravnovesja, kar je omogočilo natančno simulacijo vplivov na gospodarstvo ter oceno učinkov teh ukrepov v procesu trajnostne preobrazbe.

Rezultati analize nakazujejo na pozitivne spremembe v slovenskem gospodarstvu vse do leta 2050, saj bodo energetske in podnebni ukrepi postopoma povečevali bruto domači proizvod (BDP) v primerjavi s scenarijem z obstoječimi ukrepi. V začetnem obdobju po letu 2026 bo rast zmerna, a bo proti letu 2050 znatno pospešena. Poleg tega bodo dodatne investicije v energetske učinkovitost prinesle večje bruto investicije, ki se bodo do sredine stoletja povečale. Te investicije v energetske učinkovitost in nove tehnologije bodo prispevale k zmanjšanju porabe energentov, kar bo znižalo stroške energije za podjetja in gospodinjstva. Prihranki bodo spodbudili povpraševanje po delovni sili, kar bo posledično znižalo stopnjo brezposelnosti. Poleg tega se pričakuje tudi postopna rast plač, kar bo prispevalo k splošni blaginji. Zmanjšanje stroškov energije bo pripeljalo tudi do znižanja cen življenjskih potrebščin, kar bo koristilo vsem slojem prebivalstva. Kljub tem pozitivnim učinkom bo zaradi nižjih prihodkov iz davkov na energente prišlo do začasnega zmanjšanja državnih prihodkov. Vendar se bo na dolgi rok, s povečevanjem gospodarske rasti, proračunsko stanje stabiliziralo, prihodki države pa bodo dosegli višje ravni kot v scenariju z obstoječimi ukrepi. Kljub temu pa rezultati nakazujejo, da lahko zeleni prehod, ob vseh pozitivnih gospodarskih učinkih, prispeva k povečanju družbenih in ekonomskih neenakosti. Gospodinjstva z višjimi dohodki bodo verjetno izkoristila večje koristi od zelenih politik. Predvideno povečanje realnega razpoložljivega dohodka in potrošnje bo večje pri gospodinjstvih iz višjih dohodkovnih kvintilov, kar bi lahko poglobilo že obstoječe razlike v dohodkih in premoženju, še posebej, če ne bo vzporednih socialnih ukrepov za zaščito ranljivejših skupin. V tem kontekstu je ključno vprašanje, kako oblikovati politike zelenega prehoda na način, da bodo bolj vključujoče in pravične. Države bodo morale okrepiti svoje zmogljivosti za učinkovito upravljanje tega kompleksnega prehoda in hkrati zagotoviti, da bodo ranljivejše skupine ustrezno zaščitene, da zeleni prehod ne bo poglobil socialnih neenakosti.

Uporaba izračunljivega modela splošnega ravnovesja (CGE) prinaša pomembne vpoglede v makroekonomske učinke podnebnih politik, vendar je pomembno upoštevati nekatere omejitve. Model temelji na določenih predpostavkah, ki so lahko v nestabilnih političnih in ekonomskih razmerah nezanesljive. Poleg tega model uporablja bazno leto 2019, kar lahko zmanjša njegovo sposobnost ocenjevanja učinkov novih tehnologij, saj predpostavlja stabilen tehnološki napredek. Prav tako model ne vključuje finančnega sektorja, kar omejuje njegovo zmožnost natančnega vrednotenja stroškov financiranja. Nenazadnje, čeprav model obravnava uvoz in izvoz, ne zajema vplivov globalnih sprememb na slovensko gospodarstvo. Kljub tem omejitvam CGE model ostaja dragoceno orodje za razumevanje vplivov podnebnih ukrepov, vendar je njegov nadaljnji razvoj in nadgradnja nujno potrebna za bolj natančne in zanesljive rezultate.

Ključne besede: zeleni prehod, makroekonomski učinki, CGE model, neenakost

Energetski sistemi prihodnosti

Avtor: Uroš Salobir

ELES, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Uroš Salobir

ELES

E-pošta: uros.salobir@eles.si

Povzetek: ELES je v Sloveniji eden od ključnih pobudnikov projektov, ki razširjajo rešitve integracije sektorjev. S strateškim načrtovanjem smo za vsa kritična področja oblikovali misije, ki predstavljajo celovite tehnično-družbene rešitve in s katerimi različne deležnike nagovarjamo k dolgoročnemu integriranemu pristopu.

Ključne besede: preobrazba energetskega sistema, integracija energetskega sistema, elektrifikacija, ogrevanje, mobilnost, vodik

1 UVOD

Energetske sisteme v splošnem obravnavamo ločeno glede na energente: tekoča goriva, plini, elektrika, toplota. Vsakega od teh sistemov optimiziramo ločeno, interakcije med njimi v praksi zaznamo preko cen na trgu, v obratovalnih stanjih motnje dobave in podobno. V procesu defosilizacije se bo vloga energetskega sistema zaradi prehajanja med energenti ključnih uporabnikov (ogrevanje, industrija, mobilnost), spreminjala, zato mora energetska stroka te spremembe prepoznati in se nanje pripraviti.

2 CELOVITE TEHNIČNO-DRUŽBENE REŠITVE

Optimizacija razvoja, upravljanja in delovanja energetskega sistema kot ključne vloge javnih služb, ki delujejo na področju energetike, se nahaja pred velikimi izzivi. Današnja orodja za upravljanje in optimizacijo namreč niso prilagojena velikim spremembam, ki se obetajo pri rabi energije in vlogi uporabnikov omrežij pri obratovanju sistema. Predvsem defosilizacija ogrevanja in prometa bosta za elektroenergetski in plinski sistem predstavljala pomembno disrupcijo. Drugi nivo velikih sprememb se bo zgodil v povezavi z razpršenostjo virov in aktivno vlogo odjemalcev v delovanju energetskega sistema prihodnosti.

Najučinkovitejši način za prilagoditev novim razmeram je, da energetskega sistema ne opazujemo več kot sestav različnih energetskega sistema, temveč da energetske sisteme obravnavamo kot integrirano celoto. Zaradi zelo dinamične narave obratovanja obnovljivih virov pa je potrebno iz letne, mesečne, tedenske in dnevne optimizacije preiti na urno optimizacijo integriranih energetskega sistema.

ELES je v Sloveniji eden od ključnih pobudnikov projektov, ki razširjajo rešitve integracije sektorjev. S strateškim načrtovanjem smo za vsa obravnavana področja oblikovali misije, ki predstavljajo celovite tehnično-družbene rešitve in s katerimi različne deležnike nagovarjamo k dolgoročnemu integriranemu pristopu.

Koncept KODO je misija prehoda na ogljično nevtravno ogrevanje, ki temelji na skupnostnih rešitvah. Te zagotavljajo popolno ogljično nevtravnost, temeljijo na odpravljanju tveganj cenovnih šokov zaradi omejitev dobave energentov in spodbujajo rabo lokalnih obnovljivih virov.

Koncept E8 je misija prehoda na e-mobilnost, ki zagotavlja največjo možno uporabo obnovljivih virov, največjo mero udobja uporabnikom v zvezi s polnjenjem med parkiranjem ter velike prihranke pri stroških polnjenja.

Koncept PENTLJA je misija na področju e-mobilnosti, ki zagotavlja optimalne rešitve za polnjenje vozil med vožnjo in odpravlja izzive omejitev dosega električnih osebnih in poslovnih vozil, ter temelji na zagotavljanju razpoložljivosti močnih električnih omrežij v bližini prometnih koridorjev.

Partnerstvo na področju vodika je Elesova nacionalna pobuda, ki stremi k vzpostavitvi ekosistema vodika iz nizkoogljičnih virov ter k preboju Slovenije na področju rabe in proizvodnje vodika.

3 ZAKLJUČEK

ELES predlaga vrsto rešitev za učinkoviti prehod ogrevanja, mobilnosti in industrije na ogljično nevtralne vire. Rešitve presegajo današnje pristope in delujejo na principih integriranih energetskih sistemov. Poseben poudarek je na zadostnosti preskrbe, ceni in dolgoročni stabilnosti infrastrukture energetskih sistemov.

4 REFERENCE

- [1] [Kako ELES vidi prihodnost ogrevanja gospodinjstev v Sloveniji \(finance.si\)](https://finance.si)
- [2] [E8 - koncept celostnega razvoja infrastrukture za masovno polnjenje e-vozil \(e8concept.com\)](https://e8concept.com)
- [3] [Odgovori na pogosta vprašanja o hitrem polnjenju e-vozil - Novice | Eles d.o.o.](#)
- [4] [Podpisana konzorcijska pogodba za vzpostavitev ekosistema vodika iz nizkoogljičnih virov - Novice | Eles d.o.o.](#)

Preobrazba plina in prihodnja vloga vodika

Mag. Dejan Koletnik^{1,2}, Mag. Marko Ileršič¹

¹ Plinovodi d.o.o., Ljubljana, Slovenija; ² Slovensko združenje za energetiko (SZE)

* Kontaktna oseba:

Dejan Koletnik

Plinovodi d.o.o.

E-pošta: dejan.koletnik@plinovodi.si

Povzetek:

Cilj notranjega trga zemeljskega plina, ki se uvaja od leta 1999, je zagotoviti izbiro vsem odjemalcem, povečati konkurenčnost in izboljšati storitve, hkrati pa prispevati k zanesljivosti oskrbe in trajnostnosti. EU si intenzivno prizadeva za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, kar je skladno okoljskimi strategijami, kot je strategija za vodik. Predpisi notranjega trga za plinasta goriva se bodo morali uskladiti s temi cilji, z namenom zmanjšanja emisij in izboljšanja delovanja trga z zemeljskim plinom, obnovljivimi plini in vodikom.

Nov evropski zakonodajni okvir, ki predstavlja pravno podlago za razvoj trga obnovljivih plinov in vodika, to je Direktiva (EU) 2024/1788 o skupnih pravilih za notranji trg plina iz obnovljivih virov, zemeljskega plina in vodika (v nadaljevanju: Direktiva), in Uredba (EU) 2024/1789 o notranjem trgu plina iz obnovljivih virov, zemeljskega plina in vodika (v nadaljevanju: Uredba), podpirata širitev trga vodika in učinkovitega trga zemeljskega plina ter omogočata vključevanje plina iz obnovljivih virov in nizkoogljičnih plinov. Namen tega zakonodajnega ukrepa - svežnja je olajšati prehod na podnebno nevtralnost z razogljičenjem gospodarstva Unije do leta 2050. Prav tako želi EU z zakonodajnimi okvirji vzpostaviti regulativni okvir, ki bo udeležencem trga omogočil prehod s fosilnih goriv na čistejšo vire energije.

Čeprav so bili vzpostavljeni osnovni gradniki za razvoj trga obnovljivih plinov in vodika na ravni EU, je to šele začetek. V prihodnje bo ključnega pomena podpora splošne in energetske politike, ki bo usmerjena k doseganju ciljev podnebne nevtralnosti. Energetska politika bo morala z jasnimi finančnimi in drugimi spodbudami dokazati, da resnično podpira trg z obnovljivimi plini in vodikom. Poleg tega bo splošni ekonomski in geopolitični položaj EU v naslednjih desetletjih predstavljal okvir za ukrepe energetske politike. Prispevek naslavlja stanje in izzive, ki so povezani s preobrazbo sektorja plina na obnovljive pline in vodik.

Ključne besede: vodik, obnovljivi plini, Direktiva (EU) 2024/1788, Uredba (EU) 2024/1789, ACER, ENTSG, EHB, EK, energetika

1 UVOD

Evropski energetski sektor se usmerja v razogljičenje in uvajanje obnovljivih virov energije (OVE). Leta 2024 sta bili sprejeti Direktiva (EU) 2024/1788 in Uredba (EU) 2024/1789, ki postavljata temelje za razvoj trga obnovljivih plinov in vodika ter opredeljujeta nova pravila za notranji trg plina iz obnovljivih virov, zemeljskega plina in vodika. Cilj teh aktov je zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv, podpora trajnostnim energetskim ciljem EU do leta 2050 in vzpostavitev regulativnega okvira za prehod na čistejšo vire energije.

1.1 Financiranje vodikove infrastrukture

Pravila financiranja omrežij temeljijo na prihodkih od uporabnikov, pri čemer Uredba omogoča navzkrižno subvencioniranje v zgodnjih fazah razvoja vodikove infrastrukture. Države članice lahko pod določenimi pogoji omogočijo finančne prenose med omrežji za zemeljski plin in vodik, da bi zmanjšale tveganja in spodbudile naložbe. Subvencioniranje mora biti pregledno, časovno omejeno in pod nadzorom regulativnih organov, pri čemer je Evropska komisija odgovorna za nadzor nad to prakso.

1.2 Povečanje preglednosti

Za uspešen energetski prehod je ključno povečanje preglednosti pri določanju prihodkov operaterjev prenosnih sistemov. Regulativni organi morajo zagotoviti jasnost pri izračunu stroškov, amortizaciji in dolgoročnih tarifah. Povečana preglednost bo pripomogla k večjemu zaupanju v trg ter izboljšala pogoje za prihodnje naložbe v energetski sektor.

1.3 Spremembe regulativnih okvirjev OPS

Energetski prehod zahteva prilagoditev regulativnih okvirov za operaterje prenosnih sistemov, da bi zmanjšali fiksne stroške in omogočili bolj prilagodljivo določanje tarif. S tem se bo preprečilo, da bi zaradi premajhnega povpraševanja po zemeljskem plinu tarife postale previsoke, kar bi negativno vplivalo na dostopnost energije za potrošnike.

1.4 Spodbude za vtiskovanje OVE plinov

Nova pravila omogočajo tarifne popuste za uporabnike omrežja, ki vključujejo obnovljive in nizkoogljive pline. Ti popusti lahko zajemajo ugodnosti za prevzem plinov iz obratov za proizvodnjo obnovljivih plinov, zmanjšane tarife na vstopnih točkah skladišč zemeljskega plina in nižje tarife za čezmejne povezave. Operaterji prenosnih sistemov morajo poskrbeti za pravično razdelitev stroškov med uporabniki in ohraniti finančno stabilnost naložb.

1.5 Naloge operaterjev distribucijskih sistemov za OVE pline

Operaterji distribucijskih sistemov imajo ključno vlogo pri vključevanju obnovljivih virov plinov v energetski sistem. V prihodnje bodo morali omogočiti boljše sodelovanje z operaterji prenosnih sistemov in spodbujati vključevanje biometana ter drugih obnovljivih plinov na trg. EU bo vzpostavila telo za operaterje distribucijskih sistemov, ki bo usklajevalo delovanje distribucijskih omrežij in omogočalo integracijo različnih virov energije.

1.6 Mehanizem za združevanje povpraševanja in skupno nabavo plina

EU razvija mehanizem za skupno nabavo zemeljskega plina, ki izboljšuje dostop do virov plina in zmanjšuje odvisnost od ruskih dobaviteljev. Ta mehanizem vključuje diverzifikacijo oskrbe, boljše pogodbene pogoje za podjetja in v naslednji fazi morebiti tudi podporo za razvoj trga vodika. Ključna vloga Evropske komisije je zagotavljanje pravične delitve ponudb med podjetji ter zaščita pred diskriminacijo. Cilj je krepitev energetske varnosti EU ter zmanjšanje tveganj, povezanih z energetsko oskrbo.

1.7 Vzpostavitev evropske vodikove banke

Evropska komisija je leta 2023 ustanovila evropsko vodikovo banko, to je mehanizem, ki spodbuja razvoj trga vodika in nudi podporo za financiranje projektov na področju vodika. Namen tega mehanizma je podpreti razvoj tehnologij, kot so elektrolizatorji, ter zagotoviti konkurenčnost obnovljivega in nizkoogljivega vodika. Mehanizmi za podporo trgu vodika omogočajo boljšo preglednost povpraševanja in ponudbe ter spodbujajo sodelovanje z mednarodnimi partnerji.

1.8 Zaščita varnostnih interesov EU - zaščita trga vodika

Evropska unija se v prizadevanjih za zaščito svojih varnostnih interesov in energetskega trga osredotoča na razvoj trga vodika kot alternativnega vira energije. Eden glavnih ciljev je zmanjšanje odvisnosti od ruskega zemeljskega plina, saj je Rusija v preteklosti uporabljala energijo kot politično orodje. V tem kontekstu bi Komisija lahko omejila ponudbe za vodik iz Rusije ali Belorusije, kar bi temeljilo na varnostnih interesih EU.

Do konca leta 2029 mora Komisija pripraviti poročilo o uspešnosti mehanizma za razvoj trga vodika, na podlagi katerega bi lahko predlagala nadaljnje zakonodajne ukrepe za vzpostavitev sistema skupne nabave in povpraševanja po vodiku. S tem bi zagotovili razvoj stabilnega trga vodika v EU.

Povečanje uporabe plinov iz obnovljivih virov (OVE) in nizkoogljicnih plinov zahteva prilagoditve plinske infrastrukture in standardov kakovosti plina v državah članicah. Države članice lahko ohranijo lastne standarde, a je ključna harmonizacija za ohranjanje čezmejnega pretoka plinov in povezovanje trgov. Komisija ima pooblastila za reševanje sporov in urejanje interoperabilnosti plinskih sistemov.

Uporaba vodika kot dodatka v plinskih omrežjih je obravnavana kot začasna rešitev, saj je manj učinkovita od prenosa čistega vodika. Prioriteta je vzpostavitev ločenih vodikovih omrežij, katerih upravljanje bo izvajala novo ustanovljena Evropska mreža operaterjev vodikovih omrežij (ENNOH). ENNOH bo razvijal desetletni načrt za vodikovo omrežje, tesno sodeloval z drugimi energetske omrežji in pripravljaj kodekse omrežij za harmoniziran transport vodika po evropskem omrežju.

Poleg tega EU načrtuje posebne solidarnostne mehanizme za zagotavljanje varne oskrbe z energijo v primeru kriz, zlasti zaradi zmanjšanja dobave plina iz Rusije. Države članice morajo oblikovati dogovore za zagotavljanje oskrbe zaščitenih odjemalcev, kot so gospodinjstva, in vzpostaviti ukrepe za diverzifikacijo virov plina, pri čemer se prednostno spodbuja skupna nabava in skladiščenje plina.

2 ZAKLJUČEK

Namen novega zakonodajnega plinskega okvirja je oblikovati pravična pravila za dostop do prenosnih omrežij zemeljskega plina, skladišč in obratov za UZP ter urediti mehanizme za združevanje povpraševanja, skupno nabavo plina in podporo tržnemu razvoju vodika. Ker države članice same ne morejo doseči teh ciljev, je zaradi obsega in učinkov ukrepov potrebna zakonodajna intervencija na ravni Unije.

3 REFERENCE

- [1] Evropski parlament in svet evropske unije: DIREKTIVA (EU) 2024/1788 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 13. junija 2024 o **skupnih pravilih notranjega trga plina iz obnovljivih virov**, zemeljskega plina in vodika,
- [2] Evropski parlament in svet evropske unije: UREDBA (EU) 2024/1789 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 13. junija 2024 o **notranjem trgu plina iz obnovljivih virov**, zemeljskega plina in vodika,
- [3] Evropski parlament in svet: UREDBA (EU) 2022/869 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 30. maja 2022 o **smernicah za vseevropsko energetske infrastrukturo**,
- [4] Evropski parlament in svet: UREDBA (EU) 2021/1153 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 7. julija 2021 o **vzpostavitvi instrumenta za povezovanje Evrope**
- [5] Evropska komisija: Strategija za vodik za podnebno nevtralno Evropo, Bruselj, 8. julij 2020
- [6] 38th European Gas Regulatory Forum (https://energy.ec.europa.eu/events/38th-european-gas-regulatory-forum-2024-04-25_en)
- [7] ACER <https://www.acer.europa.eu/news-and-events/news/acer-will-consult-draft-statutory-documents-european-network-network-operators-hydrogen>
- [8] EHB - European Hydrogen Bank https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/european-hydrogen-bank_en
- [9] EU energy policy -> https://energy.ec.europa.eu/index_en
- [10] ENTSOG -> <https://www.entsog.eu/hydrogen>

Status in razvojne priložnosti jedrske energije v Sloveniji in v svetu

Leon Cizelj^{1,2,*}

¹ Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

E-pošta: Leon.Cizelj@ijs.si

Povzetek: V prispevku pokažemo status jedrskih elektrarn v obratovanju, v gradnji in v razvoju. Na kratko osvetlimo tudi najpomembnejše razlike med reaktorji 2. (npr. NEK) in 3. generacije (kandidati za JEK2). Sledi kratek pregled mednarodnih raziskovalnih in razvojnih prizadevanj, ki so usmerjena predvsem v manjše in modularne enote, ki bodo jedrsko fisijo uporabile kot brezogljivi vir toplote za neposredno rabo ali pretvorbo v elektriko. Takšne enote utegnejo biti primerne tudi za decentralizirana pametna omrežja. Komercializacija nekaterih od večinoma že pred desetletji preverjenih zasnov bo omogočila tudi uporabo današnjega rabljenega jedrskega goriva in bo lahko pomembno prispevale k zaključevanju krožnega gospodarjenja z jedrskimi gorivi. Zaključimo s povzetkom največjih izzivov današnje jedrske energetike v Sloveniji in v svetu: sprejemljivost v javnosti, dobavne verige za talente in opremo ter nujnost dolgoročnih investicij v raziskave in razvoj.

Ključne besede: jedrske elektrarne, veliki reaktorji, gigavatni reaktorji, mali in modularni reaktorji, novi talenti

1 UVOD

Jedrska energija je v letu 2023 prispevala 9,1% vse električne energije [1] oziroma 3,96% vse primarne energije [2] na planetu. Proizvodnja jedrske elektrike na planetu je leta 1996 prvič preseгла 2.400 TWh in se je v zadnjih nekaj letih ustalila med 2.600 in 2.700 TWh. Vse jedrske elektrarne, ki smo jih v Evropi, v ZDA in na Japonskem v tem času zaprli, so sproti nadomestile nove elektrarne in sicer predvsem na Kitajskem, v Indiji in še kje: od leta 2000 do danes smo na planetu zaprli 123 reaktorjev s skupno močjo 80 GW, na omrežje pa na novo priključili 121 reaktorjev s skupno močjo 110 GW. Trenutno gradimo 59 reaktorjev, od tega Kitajci 24, sledijo Indijci z 8 [4]. Konec leta 2023 je delovalo 413 reaktorjev s skupno močjo 371,5 GWe.

Razvojna, poslovna in politična podpora jedrski energiji se v zadnjih letih povečujeta tudi v Evropi in Severni Ameriki. V ZDA se povečana politična podpora jedrski energiji vidi v večjih raziskovalno razvojnih vložkih, pa tudi spremembah zakonodaje in davčnih spodbudah. Rezultati se vidijo predvsem v intenzivnem razvoju in trženju malih in modularnih reaktorjev z močjo pod 300 MW. Prve priključitve na mrežo so najavljene okoli leta 2030.

V Evropski Uniji se, s podporo Slovenije, krepi jedrska aliansa, ki si je zastavila cilj 150 GW jedrske elektrike do leta 2050. Današnja flota zmore okoli 100 GWe in je v povprečju stara 38 let. Ciljamo torej na 50 novih reaktorjev in 250.000 novih zaposlitev. Alianso sestavlja 15 ministrov za energijo iz Slovenije, Francije, vseh preostalih evropskih jedrskih držav (razen Španije), ter hrvaške, Italije, Poljske in Estonije.

Kitajska načrtuje do leta 2050 za pribl. 300GW novih jedrskih elektrarn, torej skoraj toliko, ko je danes na voljo na celotnem planetu: 371,5 GW.

V nadaljevanju se bomo posvetili dvema skupinama reaktorjev, ki bosta v prihodnosti zagotovo odigrali pomembno vlogo pri čisti energiji na planetu in morda tudi v Sloveniji. Prva skupina so veliki, gigavatni reaktorji z močjo 1 GWe ali več in s klasično zasnov, druga pa so mali in modularni reaktorji.

2 VELIKI REAKTORJI (1 GWE IN VEČ)

Med 59 reaktorji s skupno močjo 61 MWe, ki so danes v gradnji, je kar 50 tlačnovodnih (skupna moč 54,6GWe). Gre za podobno tehnologijo, kot jo uporablja Nuklearna elektrarna v Krškem (2. generacija reaktorjev), z nekaterimi posodobitvami, ki jih bomo na kratko opisali v nadaljevanju.

Japonci gradijo 2 vrelna reaktorja s skupno močjo 2,6GWe, ki tudi sodita med velike reaktorje z GW električne moči. Indija gradi 3 reaktorje, moderirane s težko vodo (skupna moč 1,9GWe). Ti reaktorji sodijo v t.i. tretjo generacijo reaktorjev.

Preostali štirje reaktorji v gradnji sodijo med tako imenovane hitre oplodne reaktorje (moč 2GWe), ki sodijo v 4. generacijo in odpirajo možnosti za uporabo urana 238 in torija 232. Uran 238 ob zajetju nevtrona v jedro namreč transmutira v cepljivi plutonij 239, torij 232 pa v cepljivi uran 233. Plutonij 239 in uran 233 sta torej umetno pridobljeni gorivi v oplodnih reaktorjih in bosta v prihodnosti lahko dopolnili in kasneje tudi nadomestili v naravi prisotni uran 235 (Urana 235 je le 0,72% vsega urana na planetu, preostanek je skoraj v celoti uran 238). S 4. generacijo reaktorjev se na tem mestu ne bomo več ukvarjali. Omenimo le, da bodo takšni reaktorji v prihodnosti pomembno prispevali h krožnemu gospodarstvu z jedrskimi gorivi in s tem tudi k pomembnemu zmanjševanju že tako razmeroma zelo majhne količine radioaktivnih odpadkov.

Reaktorji druge in tretje generacije uporabljajo praktično povsem enako jedrsko gorivo. Razlike v zasnovi reaktorja, goriva in v obvladovanju verižne reakcije, pa tudi pri uporabljenih strukturnih materialih, so torej praktično zanemarljive. Ključne razlike najdemo predvsem pri zasnovi oziroma izvedbi nekaterih varnostnih sistemov. Tako v tretji generaciji najdemo ali več pasivnih hladilnih sistemov, ki za delovanje potrebujejo le gravitacijo, in/ali okrepljeno večkratnost ter geografsko neodvisnost aktivnih hladilnih sistemov. Za drugo generacijo je npr. značilna logika 1 od 2 ali 2 od 3, torej zadošča 1 od 2 ali 2 od 3 aktivnih sistemov, medtem ko v tretji generaciji praviloma zahtevamo delovanje vsaj 1 od 3, včasih tudi 1 od 4 vgrajenih varnostnih sistemov.

Morda najpomembnejši razvojni dodatek v reaktorjih tretje generacije so sistemi za obvladovanje staljene sredice reaktorja. V grobem sta prisotni dve strategiji: hlajenje staljene sredice v reaktorski posodi ali pa ujetje in hlajenje v posebnih zadrževalnikih, ki so nameščeni pod reaktorsko posodo [6].

Praktično zanemarljive spremembe v gorivu in uporabljenih strukturnih materialih ter nekoliko okrepljeni varnostni sistemi, še posebej tisti za obvladovanje staljene sredice reaktorja, zagotavljajo tudi razmeroma dobro obvladovanje tveganj pri izdelavi komponent in pri pridobivanju vseh potrebnih dovoljenj reaktorjev tretje generacije. Uporabljajo torej predvsem tehnologije, ki so bile preverjene že v 2. generaciji reaktorjev.

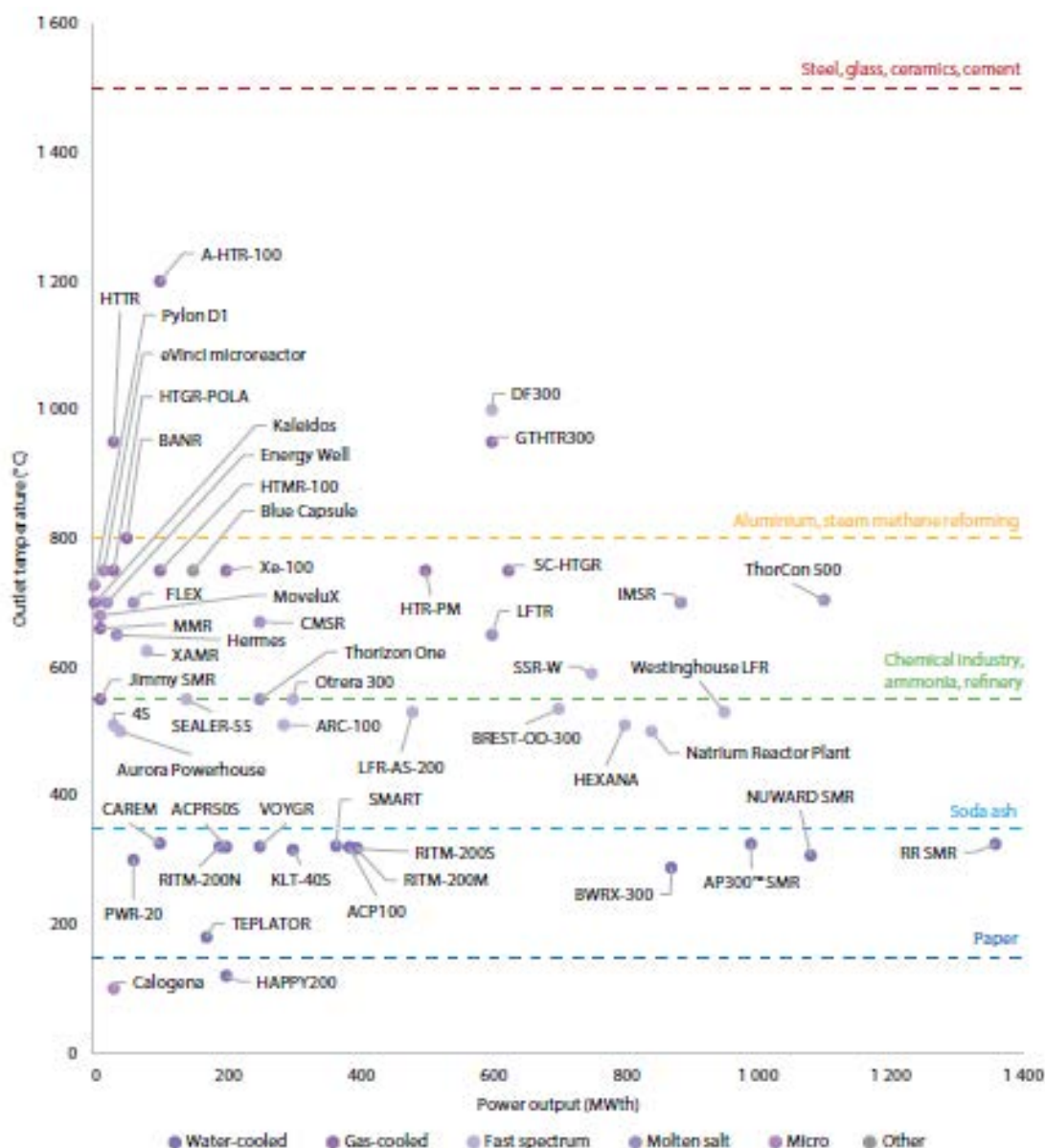
3 MALI MODULARNI REAKTORJI

Mali in modularni jedrski reaktorji (SMR, Small Modular Reactors) kot pogonski agregati plovil delujejo že vse od leta 1954, ko so v ZDA splovili prvo jedrsko podmornico Nautilus. Mimogrede, leta 1954 je pričela delovati tudi prva komercialna jedrska elektrarna, in sicer Calders Hall v Združenem Kraljestvu. Mali zato, ker so njihove moči značilno nekaj deset pa vse do morda 300 MWe, modularni pa zato, ker sta na nekaterih plovilih nameščena tudi po dva ali morda celo več reaktorjev.

V vojaški mornariški rabi se je uveljavilo gorivo z več kot 90% urana 235. Države, ki takšna plovila gradijo, imajo namreč dostop do visoko obogatene urana, ki ga lahko uporabijo tudi za jedrsko orožje. V civilni rabi danes velja omejitev na največ 20% urana 235, gorivo za gigawatne reaktorje pa praviloma ne presega 5% urana 235. Pomembna in praktično edina prednost visoko obogatene urana v mornariških reaktorjih je izjemno dolgo delovanje, tudi 20 ali več let, brez menjave goriva.

Danes na planetu komercialno delujejo 4 SMR. Dva sta nameščena na plavajoči elektrarni Akademik Lomonosov, ki je zasidrana v ruskem zalivu Pevek na vzhodu Sibirije. Dva reaktorja s po 35MWe (150 MW toplote, KLT-40S, **Slika 1**), ki sta naslednika reaktorjev z ruskimi civilnih ledolomilcev, že od leta 2020 oskrbujeta prebivalce z elektriko in toplo vodo. Druga dva delujeta v jedrski elektrarni Shidao Bay na Kitajskem. Dva visokotemperaturna, s plinom hlajena reaktorja HTR-PM (**Slika 1**) s toplotno močjo 250MW poganjata skupni turbogenerator z električno močjo 250 MW.

Poročilo agencije za jedrsko energijo pri OECD [7] je v začetku leta 2024 identificiralo 98 zasnov SMR. Izmed teh so jih 56 s podrobnejšim opisom vključili v poročilo. **Slika 1** prikazuje porazdelitev zasnov reaktorjev po temperaturi, ki jo dosegajo, po toplotni moči in po zasnovi oz. tipu reaktorja [7].



Slika 1: Porazdelitev SMR po moči in temperaturi [7].

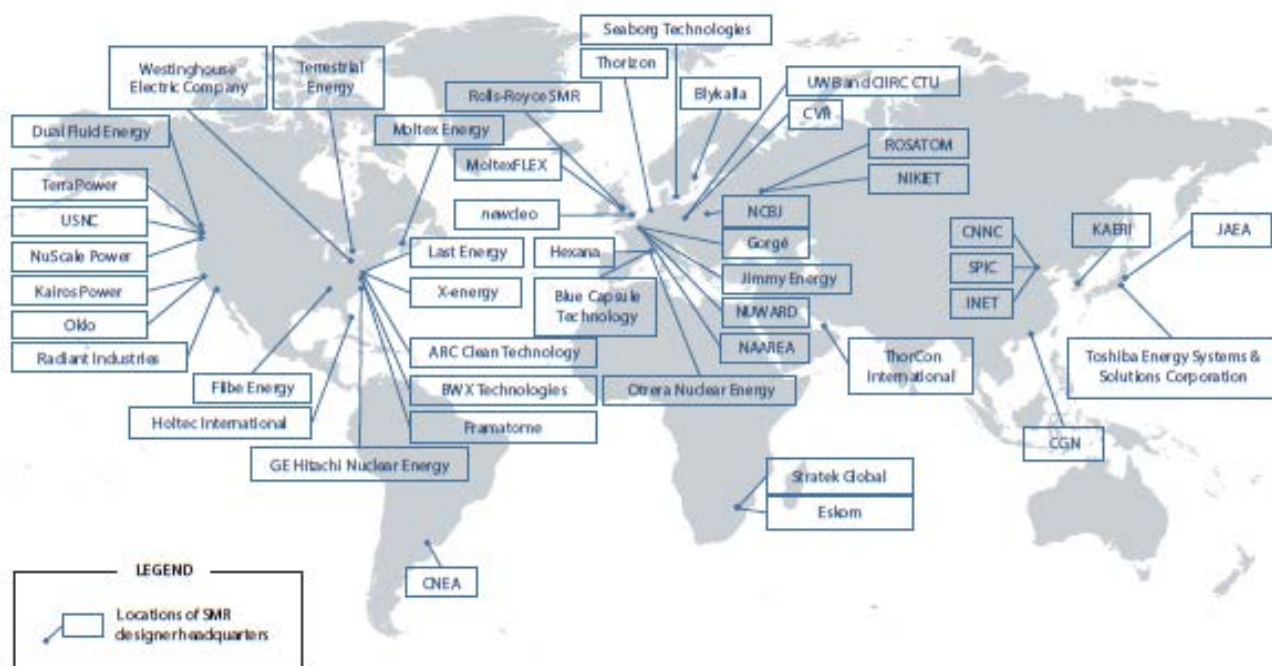
Večina reaktorjev ima toplotno moč pod 1GW, kar v grobem ustreza tudi elektičnim močem do nekako 300MW. Vodno hlajeni reaktorji dosegajo do nekako 330°C, kar več kot zadošča za daljinsko ogrevanje, nizkotemperaturne industrijske procese in seveda proizvodnjo elektrike s pomočjo vodne pare. Najbolj vroči plinsko hlajeni reaktorji dosegajo 1.000°C, izjemoma tudi več. Vmes pa najdemo reaktorje, hlajene s tekočimi kovinami (svinec, natrij, staljene soli).

Praktično vse zasnove so že bile preverjene pred več desetletji v nekaj več kot 800 raziskovalnih reaktorjih, ki so na planetu obratovali od začetka jedrske dobe s Fermijevim reaktorjem Chicago pile 2 leta 1942. Žal pa pot do hitrejše komercializacije otežuje »izgubljeno znanje«, ena od najpomembnejših posledic razmeroma hitrega opuščanja jedrskih raziskav proti koncu 1960-ih in v začetku 1970-ih. Raziskovalne reaktorje so razgradili, ljudje, ki so jih zasnovali in jih tudi spravili v pogon, pa so že dalj časa v drugih poklicih, mnogi od njih pa tudi niso več med nami.

Najhitrejšo komercializacijo in seveda tudi pridobivanje vseh potrebnih dovoljenj zato pričakujemo pri lahkovodnih reaktorjih, ki danes predstavljajo daleč največji delež delujočih komercialnih reaktorjev. Morda še najbližje delujočemu demonstratorju do leta 2030 ali vsaj v prvih letih 2030-tega desetletja so tako VOYGR, AP300 in BWRX300 (ZDA), CAREM (Argentina), seriji RITM in KLT (Rusija) in morda tudi NUWARD (Francija).

Slika 2 prikazuje geografsko porazdelitev sedežev podjetij, ki razvijajo male oz. modularne reaktorje. Z velikim naskokom vodijo ZDA, sledita Evropska skupnost in Rusija. Ključni razlog za veliko število zagonskih podjetij v ZDA je v tem, da je vlada po zastoju v 1980-ih že konec 1990-ih let pričela razmeroma veliko investirati v

raziskave in izobraževanje v jedrskem inženirstvu. Rusi in Kitajci razvojnega cikla nikoli niso prekinili. Kitajci zaradi pomanjkanja energije sicer več virov usmerjajo v gigavatne reaktorje. Evropa, z njo žal tudi Slovenija, močno zaostaja. To je v veliki meri posledica preusmeritve razvojnih sredstev iz jedrske energije v druge t.i. čiste oz. zelene energetske tehnologije.



Slika 2: Geografska porazdelitev sedežev podjetij, ki razvijajo SMR [7].

4 KLJUČNI IZZIVI JEDRSKE ENERGETIKE

Ključni izzivi jedrske energetike danes večinoma niso tehnični. Na trgu je namreč dobavljivih več vrst gigavatnih reaktorjev, ki temeljijo na preverjenih tehnologijah izdelave in obratovanja, so že pridobili vsa potrebna dovoljenja v več državah po svetu, in tudi dosegaajo predvidene 90% in višje faktorje izrabe.

Med ključne izzive pa lahko štejemo razmeroma visoke investicije, še posebej stroške financiranja, razmeroma dolgo gradnjo in premajhno kapaciteto dobavnih verig za opremo, in morda še bolj pomembno, za nove jedrske talente. Skupni imenovalec vseh izzivov je dezinvestiranje v proizvodne ter seveda tudi raziskovalne in razvojne kapacitete v preteklosti. Tudi zato je jedrska energija, ne glede na svojo nesporno čistost ter energetsko, prostorsko in snovno izjemno učinkovitost, v javnosti marsikje izgubila kredibilnost oz. zaupanje. Če namreč niti tisti, ki z neko tehnologijo že zaslužijo, niso pripravljeni investirati v njeno prihodnost, se bo dvom v to tehnologijo razmeroma hitro razrasel tudi v njihovi okolici in seveda tudi v splošni javnosti.

Z jedrsko elektrarno namreč sobivamo stoletje ali morda celo več (desetletje za odločitev, desetletje za gradnjo, šest ali več desetletij z obratovanje in še desetletje ali dve za razgradnjo). Stoletje prinese s sabo ogromne spremembe tako v znanosti in tehnologiji, kot tudi v družbi. Te spremembe v veliki meri sooblikuje in napoveduje znanost. Tudi zato bi bilo naivno pričakovati, da lahko jedrska energetika na dolgi rok uspeva brez strateškega sodelovanja in aktivnega sobivanja z znanostjo [8].

Najpomembnejši izziv gradnje novega jedrskega bloka v Sloveniji utegne biti pravočasno zagotavljanje dovolj odlično izobraženih, usposobljenih in motiviranih jedrskih talentov. Pričakovano število je blizu 1.000 v vsem času gradnje, torej okvirno vsaj 100 vsako leto. Ne glede na to, da Slovenija osnovno izobraževalno in raziskovalno infrastrukturo za jedrsko inženirstvo in reaktorsko fiziko ima, bo za uspešno iskanje in razvoj talentov potrebno strateško sodelovanje vseh vpletenih deležnikov, še posebej vlade, investitorja in raziskovalnih ter izobraževalnih institucij [8], [9].

5 ZAKLJUČKI

Ključni izzivi jedrske energetike danes večinoma niso tehnični, mednje pa lahko štejemo razmeroma visoke investicije, še posebej stroške financiranja, razmeroma dolgo gradnjo in premajhno kapaciteto dobavnih verig za opremo, in morda še bolj pomembno, za nove jedrske talente. Skupni imenovalec ključnih izzivov je dezinvestiranje v proizvodne ter seveda tudi raziskovalne in razvojne kapacitete v preteklosti.

Z jedrsko elektrarno sobivamo stoletje ali morda celo več. Stoletje prinese s sabo ogromne spremembe tako v znanosti in tehnologiji, kot tudi v družbi. Te spremembe v veliki meri sooblikuje in napoveduje znanost. Zato bi bilo naivno pričakovati, da lahko jedrska energetika na dolgi rok uspeva brez strateškega sodelovanja in aktivnega sobivanja z znanostjo.

Najpomembnejši izziv gradnje novega jedrskega bloka v Sloveniji utegne biti pravočasno zagotavljanje dovolj odlično izobraženih, usposobljenih in motiviranih jedrskih talentov. Ne glede na to, da Slovenija osnovno izobraževalno in raziskovalno infrastrukturo za jedrsko inženirstvo in reaktorsko fiziko ima, bo za uspešno iskanje in razvoj talentov potrebno strateško sodelovanje vseh vpletenih deležnikov, še posebej vlade in investitorja in raziskovalnih ter izobraževalnih institucij.

6 REFERENCE

- [1]»Share of electricity production from nuclear«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [2]»Share of primary energy consumption from nuclear, 2023«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [3]»Nuclear power generation«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [4]IAEA Power Reactor Information System, , <http://pris.iaea.org>, 17.9.2024.
- [5]Declaration of the EU Nuclear Alliance, meeting of March 4th, 2024, <https://presse.economie.gouv.fr/declaration-of-the-eu-nuclear-alliance-meeting-of-march-4th-2024/> 19.7.2024.
- [6]M. Leskovar, V. Centrih, L. Cizelj, M. Draksler, T. Holler, I. Kljenak, J. Kokalj, R. Krpan, M. Kunšek, B. Mavko, J. Oder, A. Prošek, S. El Shawish, M. Tekavčič, I. Tiselj, A. Volkanovski, Kratek opis varnostnih karakteristik sedmih potencialnih reaktorjev za JEK 2, IJS-DP-12437, 2018.
- [7]OECD/NEA, NEA Small Modular Reactor (SMR) Dashboard, Izdaja 28.2.2024, https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_90816/the-nea-small-modular-reactor-dashboard-second-edition
- [8]Cizelj, L., Pesznyák, C., Starflinger, J., Pavel, G.L., Wastin, F., Michailidou, E., 2024. Towards strategic agenda for European nuclear education, training, and knowledge management. Nucl Eng Des 420, 113001, <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2024.113001>.
- [9]Cizelj, L., Kljenak, I., Tiselj, I., 2023. Know-why? and know-how? in the development of nuclear talents: An analysis of recent nuclear engineering Ph. D. research. Nucl Eng Des 415, 112734, <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112734>.

Energetske skupnosti in drugi gradniki trajnostnega energetskega prehoda Slovenije

Dušan Plut^{1,*}

¹ Zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, Slovenija

* Dušan Plut
dusan_plut@t-2.net

Povzetek:

Številni tradicionalni in sodobni primeri različnih kooperativnih oblik upravljanja skupnega dobra po svetu potrjujejo, da je po trajnostno ekosistemskih, okoljskih, ekonomskih, socialnih in medgeneracijskih merilih skupnostno upravljanje naravnih virov (trajnostne skupnosti) dolgoročno večplastno uspešno. Energetika velikih, centraliziranih objektov proizvodnje energije iz fosilnih goriv (termoelektrarne) in urana (jedrske elektrarne) pa ne omogoča polnega uveljavljanja modela participativnega demokratičnega skupnostnega upravljanja in odločanja prebivalcev.

Zelo pomemben gradnik trajnostno sonaravne energetike Slovenije naj bi torej bile tudi različne oblike trajnostnih energetske skupnosti za široko sonaravno rabo lokalnih obnovljivih virov energije (sončne, vetrne in geotermalne energije ter biomase). Kljub stoletni tradiciji združnega delovanja Slovenija glede vloge energetske skupnosti zaostaja za številnimi evropskimi državami, saj obstajajo zgolj posamezni primeri skupnostnega upravljanja na področju energije (npr. skupnostne sončne elektrarne Budanje, Hrastnik, Ig, Jesenice; lokalna samooskrbna energetska skupnost Luče; načrtovana skupnostna vetrna elektrarna Mali Log v občini Loški Potok). Brez večjega pomena skupnostnih energetske projektov pospešen prehod na regionalne obnovljive vire energije tudi v Sloveniji ne bo mogoč, zato je nujna sistemska državna in občinska podpora energetskim skupnostim.

Ključne besede: medgeneracijska pravičnost, skupno dobro, skupnostno upravljanje virov, trajnostna energetika, energetska skupnost, Slovenija.

Toplota, hlad in sektorsko povezovanje za večjo energetska učinkovitost

Jože Torkar^{1,*}

¹ Slovensko združenje za energetiko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jože Torkar

Slovensko združenje za energetiko

E-pošta: joze.torkar@kolektor.com

Povzetek:

Učinkovita raba energije in naravnih virov je prednostni in ključni ukrep razvojne in energetske politike za povečanje konkurenčnosti in razogljičenje slovenske industrije in družbe.

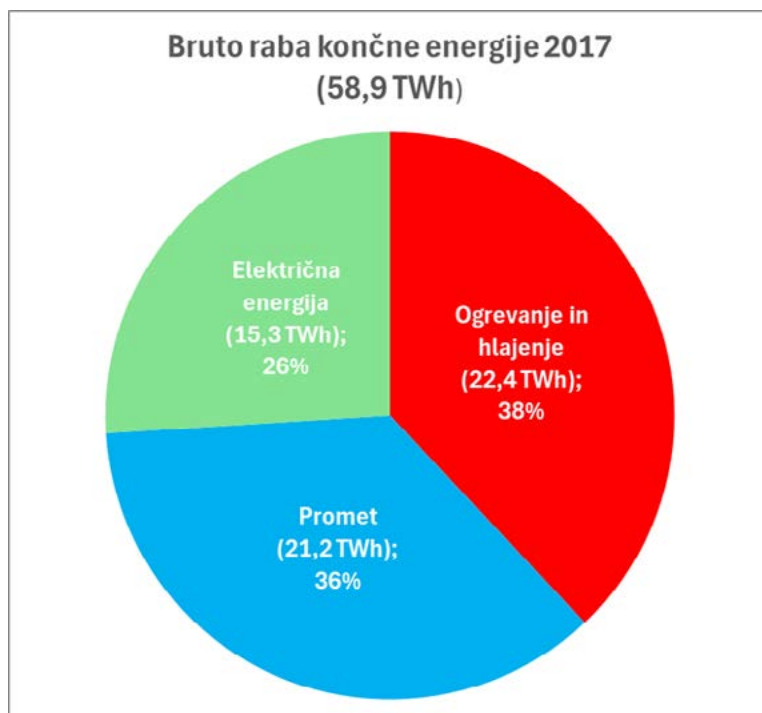
Cilj Slovenije je izboljšanje energetske učinkovitosti do leta 2030 za vsaj 35 %, tj. da ob sistematičnem izvajanju sprejetih politik in ukrepov končna raba energije leta 2030 ne bo presegla 54,9 TWh (4.717 ktoe). Preračunano na raven primarne energije raba leta 2030 ne bo presegla 73,9 TWh (6.356 ktoe).

Sektor ogrevanje in hlajenje predstavlja dobro tretjino končne rabe energije v Sloveniji ter lahko z doslednim uresničevanjem Strategije ogrevanja in hlajenja (SOH) v Sloveniji do leta 2050 in akcijskega načrta do leta 2030 pomembno prispeva k doseganju ciljev Celovitega nacionalnega energetskega in podnebne načrta Republike Slovenije (NEPN).

Ključne besede: toplota, hlad, energetska učinkovitost, sektorsko povezovanje, ...

1 UVOD

Slovenija se sooča z izzivom učinkovite rabe energije, saj je ta razdeljena med ogrevanje in hlajenje, promet ter električno energijo. Končna raba energije v Sloveniji je v letu 2017 znašala 58,9 TWh. Delitev po sektorjih je prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Bruto raba končne energije v Sloveniji 2017 [2]

Ogrevanje in hlajenje (OH) v Sloveniji obsegata 38 % končne rabe energije (delež OVE je 33 %) in 25 % skupnih emisij TGP. Ob teh podatkih se zavedamo nujnosti pospešenega razogljičenja. SOH je podala jasne usmeritve in cilje za prihodnji trajnostni razvoj ter doseganje podnebne nevtralnosti sektorja OH do leta 2050 s čim več pozitivnimi družbenimi in okoljskimi učinki, ohranjanjem visoke stopnje konkurenčnosti podnebno nevtralnega krožnega gospodarstva ter z upoštevanjem načel podnebne pravičnosti na vključujoč način.

Razvojna vizija sektorja OH je:

- učinkovito,
- podnebno nevtravno,
- zanesljivo,
- cenovno dostopno ter
- čisto

ogrevanje in hlajenje.

K emisijam TGP sektor OH neposredno prispeva 16-% delež oziroma 2,8 MtCO_{2ekv}, od tega 1,6 MtCO_{2ekv} industrija, 0,9 MtCO_{2ekv} gospodinjstva in 0,3 MtCO_{2ekv} storitve. Če upoštevamo še posredne emisije iz daljinskega ogrevanja (DO) in iz direktne rabe električne energije za ogrevanje, se skupna količina poveča za 1,5 MtCO_{2ekv} oziroma na 4,3 MtCO_{2ekv}, kar je četrtnina vseh emisij CO₂.

2 STRATEGIJA OGREVANJA IN HLAJENJA

SOH daje prednost energetski učinkovitosti ter spodbuja usmerjanje v tehnologije in rešitve OH, ki:

- so učinkovite, kar zmanjšuje povpraševanje po (primarni) energiji,
- ne uporabljajo fosilnih virov, temveč omogočajo uporabo obnovljivih in nizkoogljičnih virov in

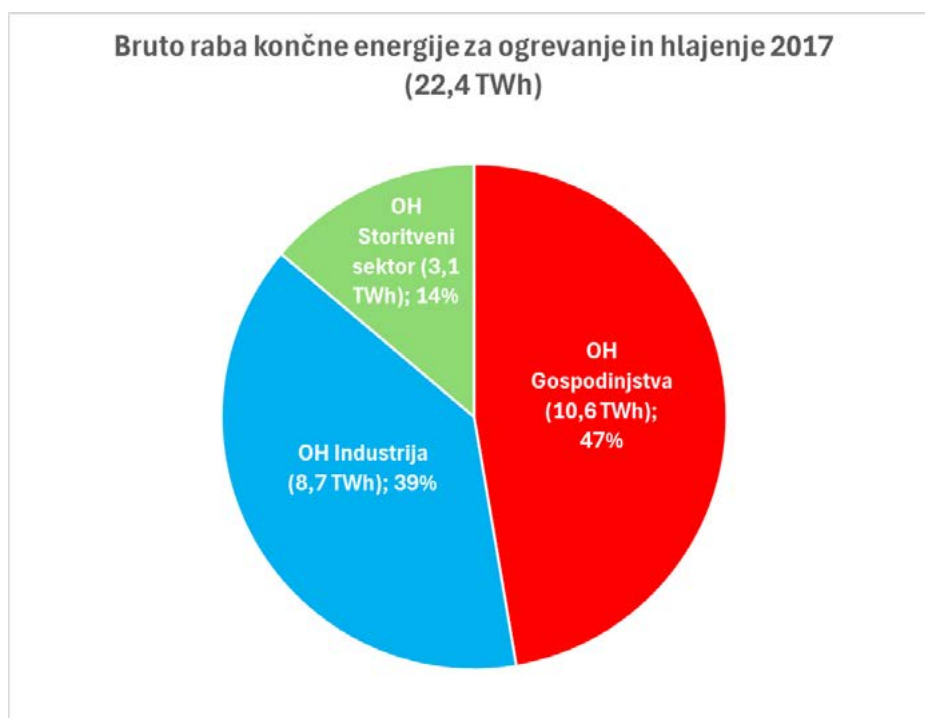
- povečujejo stopnjo prilagodljivosti oziroma prožnosti vseh energetskega sistemov in njihovo učinkovito povezovanje z drugimi energetskega sektorji.

Slovenija lahko najpozneje do leta 2040 postane samooskrbna pri ogrevanju stavb z opustitvijo fosilnih virov, s katerimi danes neposredno zagotavljamo tretjino potreb po koristni toploti (predvsem z EL-KO in zemeljskim plinom, kjer smo 100 % uvozno odvisni), kar bo bistveno povečalo zanesljivost in varnost oskrbe s toploto.

Splošne usmeritve SOH glede prednostne rabe energijskih virov in energentov za OH so:

- **Energetska učinkovitost na prvem mestu:** prednostno povečevanje učinkovitosti stavb, procesov in tehnologij OH ter prek tega zmanjševanje potreb po OH in rabe energije za OH.
- **Energetsko učinkovito daljinsko ogrevanje in hlajenje (DOH)** v urbanih in gosto poseljenih območjih.
- **Nefosilni viri OH:** vsi drugi OVE in nizkoogljični viri, vključno z obnovljivimi plini (biometan, H₂ in drugi). Lesna biomasa (LB) kot primarni vir ogrevanja stavb ni dovoljena na gosto poseljenih območjih zaradi zagotavljanja visoke kakovosti zraka.
- **Nadomeščanje fosilnih goriv z direktno rabo električne energije** je dovoljena le za industrijske in druge procese, kjer ni drugih bolj učinkovitih alternativ.

Za boljše razumevanje razvojnih možnosti sektorja OH je potrebno poznati deleže bruto rabe končne energije za ogrevanje in hlajenje (Slika 2).



Slika 2: Bruto raba končne energije za ogrevanje in hlajenje 2017 [2]

3 RAZOGLJIČENJE OGREVANJA IN HLAJENJA

Za razogljivenje sektorja ogrevanja in hlajenja do leta 2050 bo ključna uporaba naprednih tehnologij, ki temeljijo **na nizkoogljičnih virih energije** in izboljšanju **energetske učinkovitosti**. Spodaj so izpostavljene nekatere najbolj perspektivne tehnologije za doseganje teh ciljev:

3.1 Toplotne črpalke

Toplotne črpalke (TČ) so ena najbolj perspektivnih tehnologij za razogljivenje sektorja ogrevanja in hlajenja, saj uporabljajo obnovljive vire energije (toploto iz zraka, vode ali zemlje).

- **Energetska učinkovitost:** Te naprave izkoriščajo naravne vire toplote za ogrevanje prostorov in sanitarne vode. So zelo energetske učinkovite, saj lahko s pomočjo ene enote električne energije proizvedejo 3–5 enot toplote. Za hlajenje je mogoče proces obrniti in črpati toploto iz prostorov.
- **Potencial za dekarbonizacijo:** TČ, ki delujejo na električno energijo, bodo ob nadaljnjem razogljivenju električne energije prispevale k skoraj popolnemu zmanjšanju emisij CO₂. V kombinaciji z obnovljivimi viri energije (npr. sončnimi in vetrnimi elektrarnami) lahko postanejo ogljično nevtralne.
- **Hibridni sistemi:** TČ lahko delujejo v hibridnih sistemih z drugimi viri energije, npr. v kombinaciji s kotli na biomaso ali geotermalno energijo, kar omogoča dodatno prilagodljivost in stabilnost.

3.2 Daljinsko ogrevanje in hlajenje

Sistemi daljinskega ogrevanja in hlajenja (DOH) so ključni za zmanjšanje emisij v urbanih območjih.

- **4. in 5. generacija daljinskega ogrevanja:** Te sodobne generacije daljinskih sistemov omogočajo nizkotemperaturno delovanje (manj kot 50 °C) in boljše izkoriščanje nizkoogljičnih virov, kot so toplotne črpalke, presežna toplota iz industrije, geotermalna energija, biomasa in odpadna toplota iz jedrskih elektrarn.
- **Kombinacija s hlajenjem:** Daljinsko hlajenje uporablja centralne hladilne sisteme, ki izkoriščajo naravne vire (npr. hlad iz globokih voda) ali absorpcijsko hlajenje, ki deluje na presežno toploto (npr. iz elektrarn ali industrije).
- **Potencial za integracijo različnih virov:** Daljinski sistemi omogočajo integracijo več nizkoogljičnih virov toplote in hlajenja ter s tem povečanje energetske učinkovitosti, stabilnost omrežja in zmanjšanje emisij.
- **Hranilniki toplote ali hladu:** Daljinski energetske sistemi lahko služijo tudi kot hranilniki energije in s tem omogočajo boljše izkoriščanje OVE.

3.3 Geotermalna energija

Geotermalna energija izkorišča toploto iz notranjosti Zemlje in ima velik potencial za razogljivenje ogrevanja in hlajenja.

- **Nizkotemperaturna geotermalna energija (plitva):** Uporablja se za neposredno ogrevanje in hlajenje stavb prek geotermalnih toplotnih črpalk. Je zelo stabilen vir energije, ki ne glede na letni čas omogoča konstantno oskrbo z energijo.
- **Visokotemperaturna geotermalna energija (globoka):** Uporablja se lahko v sistemih daljinskega ogrevanja in je še posebej primerna za pokritje potreb po toploti v industriji ali v večjih urbanih območjih.

3.4 Uporaba presežne in odpadne toplote

Eden od načinov za zmanjšanje emisij in povečanje energetske učinkovitosti je uporaba odpadne toplote iz industrijskih procesov ali drugih virov.

- **Industrijska presežna toplota:** Veliko industrijskih obratov proizvede presežno toploto, ki jo lahko uporabimo za ogrevanje in hlajenje bližnjih mest ali industrijskih parkov. Ta toplota bi se sicer izgubila, vendar jo je mogoče z visoko učinkovitostjo uporabiti za daljinsko ogrevanje.
- **Presežna toplota iz jedrskih elektrarn:** Toplota, ki jo oddajajo jedrske elektrarne, je zelo primerna za daljinsko ogrevanje, kar je še posebej učinkovito, če je elektrarna v bližini naselij.

3.5 Uporaba vodika in Power-to-X tehnologij

Vodik, proizveden z elektrolizo z uporabo obnovljivih virov energije (t.i. **zeleni vodik**), in **Power-to-X tehnologije**, ki pretvarjajo električno energijo v sintetična goriva ali toploto, imajo velik potencial za razogljičenje.

- **Zeleni vodik:** Lahko se uporablja kot vir energije za ogrevanje stavb in v industrijskem sektorju za proizvodnjo visokotemperaturne toplote. Gorivne celice omogočajo proizvodnjo elektrike brez emisij CO₂.
- **Power-to-Heat:** Presežna obnovljiva energija se lahko pretvori neposredno v toploto prek upornikov ali s pomočjo toplotnih črpalk, kar omogoča sezonsko skladiščenje toplote.

3.6 Sončna termalna energija

Sončna energija se lahko uporablja za ogrevanje vode ali podpora sistemom ogrevanja stavb prek **sončnih kolektorjev**.

- **Kombinacija s hranilniki toplote:** Hranilniki toplote (sezonsko skladiščenje) omogočajo shranjevanje sončne energije, ki se lahko uporabi pozimi, ko so potrebe po ogrevanju večje. To povečuje stabilnost oskrbe z energijo in zmanjšuje potrebo po fosilnih gorivih.
- **Integracija v daljinske sisteme:** Sončni kolektorji se lahko integrirajo v sisteme daljinskega ogrevanja, kar zmanjšuje povpraševanje po fosilnih virih.

3.7 Majhni modularni reaktorji (SMR)

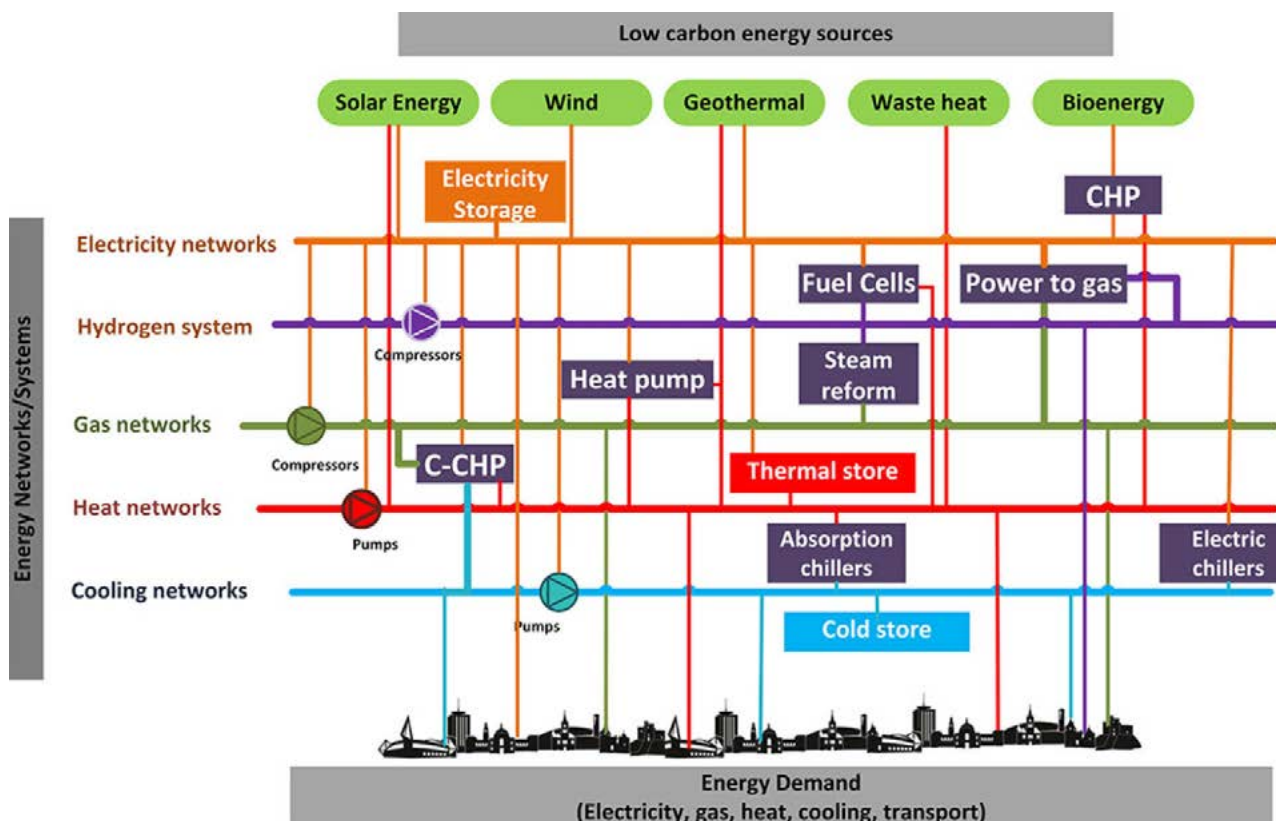
Majhni modularni reaktorji (**SMR**) so nova oblika jedrskih reaktorjev, ki lahko hkrati proizvajajo elektriko in toploto.

- **Nizkoogljično ogrevanje:** SMR-ji proizvajajo toploto, ki se lahko neposredno uporabi za daljinsko ogrevanje ali industrijske potrebe. Zaradi svoje kompaktne velikosti so lahko nameščeni bližje urbanim območjem ali industrijskim parkom, kar zmanjša izgube pri prenosu toplote.
- **Visoka energetska gostota:** Jedrski reaktorji zagotavljajo zanesljivo in stalno oskrbo z energijo, kar je ključno za doseganje stabilnega nizkoogljičnega ogrevanja v hladnih podnebjih.

4 SEKTORSKO POVEZOVANJE

Sektorsko povezovanje (ang. sector coupling) vključuje integracijo različnih energetskega sektorjev, kot sta elektroenergetika in termoeenergetika, da bi dosegli večjo sinergijo in energetske učinkovitost. Povezovanje teh dveh sektorjev omogoča optimizacijo rabe energije, saj omogoča, da odvečno toploto iz proizvodnje elektrike uporabimo za ogrevanje, medtem ko lahko višek električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov, usmerimo v sisteme toplotnih črpalk za hlajenje in ogrevanje.

V praksi to pomeni širšo uporabo soproizvodnje električne energije in toplote (CHP), kjer lahko presežno toploto iz termoelektrarn in industrijskih obratov učinkovito usmerimo v sisteme daljinskega ogrevanja. Hkrati pa integracija naprednih skladišč energije in uporaba obnovljivih virov, kot sta vetrna in sončna energija, omogoča učinkovitejše obvladovanje sezonskih nihanj povpraševanja po toploti in hlajenju.



Slika 3: Povezovanje sistemov za proizvodnjo, prenos, shranjevanje in porabo električne energije, toplote in hlada ter plina v povezan energetski sistem [3]

5 OCENA UČINKOV SOH

5.1 Gospodinjstva

Gospodinjstva za ogrevanje zdaj porabijo 7,9 TWh toplote, kar je 56 % skupne rabe toplote v stavbah. Zaradi ukrepov za povečanje energetske učinkovitosti je predvideno, da bi se **do leta 2050 raba toplote skorajda prepolovila** oziroma bi ta dosegla 4,3 TWh.

Pri tem bi lesna biomasa (LB), kljub zmanjšanju zdajšnjega 41-% tržnega deleža na 33 % v letu 2050, ostala najpomembnejši vir ogrevanja, zlasti v razpršenih področjih ogrevanja (RPO), podoben delež (31 %) pa bi tedaj dosegle TČ, ki bi postale najpomembnejši vir ogrevanja v enodružinskih stavbah na gosto poseljenih območjih (GPO) in takoj za LB drugi najpomembnejši v RPO. V GPO bodo najpomembnejši vir ogrevanja sistemi daljinskega ogrevanja (DOH).

5.2 Storitve

V storitvah se zdaj za ogrevanje stavb porabi približno 2,5 TWh toplote, kar je četrtnina celotne rabe toplote v stavbah. V tem sektorju projekcije **do leta 2050 obetajo 40-odstotno povečanje stavbnih površin**, kljub temu bi z intenzivnimi prenovami z letno stopnjo 3,5 % oziroma 3,3 % za javne ali zasebne stavbe in z drugimi **ukrepi energetske učinkovitosti** lahko zmanjšali potrebe po toploti za približno 380 MWh oziroma za **25 % v primerjavi z letom 2017**. V skladu z oceno verjetnosti NEPN bo leta 2050 glavni vir ogrevanja DOH, ki bo prispevalo 0,8 TWh oziroma 36 % h končni rabi toplote, sledijo TČ z 28-% deležem, kar naj bi bilo trikrat več kot je njihov delež zdaj (povečanje z 0,2 na 0,6 TWh). Leta 2050 bosta LB in geotermalna energija prispevala nekaj več kot desetino h končni rabi toplote, medtem ko se za ogrevanje ne bo več uporabljalo fosilnih virov.

5.3 Industrija

Raba toplote v industriji se bo s približno 8,5 TWh **povišala za približno 12 %** na 9,5 TWh. V letu 2050 bodo ključni energenti sintezni plin, ki nadomešča zemeljski plin, les in lesni odpadki, odvečna toplota in električna energija. Manjši delež imajo preostali OVE, odpadki, toplotna energija in odpadne gume. V enotah SPTE je predvidena tudi uporaba vodika.

Razogljičenje energije, potrebne za toploto v industriji, pretežno temelji na razvoju novih tehnologij, kot so: tehnologije »power-to-X«, tehnologije za digitalizacijo energetike, skladiščenje energije, zajemanje in vnovično uporabo emisij in podobno. Predvidevamo tudi povezovanje industrijskih podjetij s sistemi daljinskega ogrevanja, kar omogoča večje izkoriščanje odvečne toplote. Pričakujemo tudi intenzivno izvajanje poskusnih raziskovalnih projektov, predvsem na področjih izrabe odvečne toplote, krožnega gospodarstva in nizkoogljičnih tehnologij.

6 ZAKLJUČKI

Prehod na nizkoogljične sisteme ogrevanja in hlajenja je ključnega pomena za doseganje energetske ciljeve Slovenije in Evropske unije. Razogljičenje sektorja ogrevanja in hlajenja v Sloveniji do leta 2050 bo zahtevalo celovito preoblikovanje energetskega sistema.

Sektorsko povezovanje elektroenergetike in termoeenergetike, skupaj z vključevanjem naprednih tehnologij, kot so toplotne črpalke in sistemi daljinskega ogrevanja in hlajenja, je nujno za povečanje energetske učinkovitosti in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Majhni modularni reaktorji prinašajo dodatne možnosti za soproizvodnjo toplote in elektrike ter pomemben prispevek k razogljičenju.

Slovenija mora v skladu z NEPN in SOH nadaljevati s spodbujanjem uporabe obnovljivih virov, z uvajanjem naprednih tehnologij v sektorjih ogrevanja in hlajenja ter sektorskim povezovanjem. To bo omogočilo trajnosten in nizkoogljičen energetski sistem, ki bo kos podnebnim in energetskim izzivom prihodnosti.

7 REFERENCE

- [1] Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije, februar 2020
- [2] Strategija ogrevanja in hlajenja v Sloveniji do leta 2050 in akcijski načrt do leta 2030, december 2023
- [3] <https://www.imperial.ac.uk/news/185893/carbon-future-needs-integrated-energy-system>

5. KAZALO PRISPEVKOV:

Str.	Prispevek [Avtorji]
58...	Šaleška dolina – na zeleno do kakovostnega življenja Iztok Mori
60...	Pilotna geotermična elektrarna na vrtini Pg-8 v Lendavi Mojca Božič, Boštjan Gregorc, Nina Rman, Štefan Hozjan in Darko Goričanec
66...	Predelava plavja v lesne sekance za proizvodnjo električne in toplotne energije Mojca Božič, Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc
70...	Prepoznavna in vrednotenje ustreznih lokacij za izgradnjo obnovljivih virov električne energije Marko Kolenc, Nikola Rebič, Aljoša Deželak, Klemen Dragaš
72...	Napovedovanje proizvodnje iz sončnih elektrarn in predstavitev platforme Slovenija – Solar Miha Grabner
76...	Strateške energetske rešitve: ČHE Kozjak in 2x440 kV daljnovodna povezava Damjan Seme, Boštjan Gregorc, Sandi Ritlop
82...	Večnamenskost hidroelektrarn s svojimi pregradami v Sloveniji Jure Šimic
94...	Rekonstrukcija HE Formin in jezu Markovci Aleš Kirbiš
97...	Priključitev JEK2 z močjo do 2400 MW na elektroenergetski sistem Slovenije Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek, Jurij Kurnik, Robert Bergant
100...	Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza projekta JEK2 Jan Lokar, Monika Žmavc, Kaja Naglič, Tomaž Žagar in Kruno Abramovič
102...	Ekonomika jedrske novogradnje v Sloveniji: od preozke finančne analize do temeljite ocene družbenih stroškov in koristi ter tveganj Jonas Sonnenschein
108...	Potencial uporabe kogeneracije za JEK2 Jan Lokar, Klemen Debelak, Robert Bergant
110...	GEN energija in prihodnost jedrske energije z majhnimi modularnimi reaktorji Klemen Debelak, Gregor Srpčič, Jan Lokar
112...	Vpliv OVE in BHEE na stabilnost obratovanja EES – sistemski vidik in rešitve Mitja Pšaker, Dejan Matvoz, Jernej Lasnik
121...	Leonardo – platforma za trenutno in kratkoročno napovedovanje proizvodnje električne energije OVE Bojan Miličič, David Kešelj, Iztok Špacepan, Matjaž Eberlinc
125...	Hibridni SOFC sistem za trajnostno sočasno proizvodnjo toplote in elektrike Klemen Rola, Sven Gruber, Danijela Urbanc, Darko Goričanec
127...	Termična in katalitična piroliza odpadkov z namenom pridobivanja sekundarnih surovin in energentov Luka Lešnik, Matjaž Hriberšek, Timi Gomboc, Luka Kevorkijan, Gorazd Bombek, Julija Volmajer Valh, Ignacijo Biluš
131...	Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v luči zelenega prehoda Vladimir Mauko, Tomaž Kožar
136...	Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš
138...	Upravljanje s sredstvi elektroenergetskega omrežja in mehanizmi odločanja Uroš Kerin, Saša Jamšek
141...	Uvajanje sodobnih tehnologij za podporo spremljanju elektroenergetskih naprav in sistema Miha Bečan, Roman Tomažič, Mitja Antončič, Uroš Kerin
147...	Analiza pretvorniške stabilnosti pri velikem deležu pretvorniško priključene proizvodnje Jure Lokar, Boštjan Blažič, Leopold Herman
149...	Vloga vztrajnostnih mas v sodobnih elektroenergetskih sistemih Tadej Škrjanc, Urban Rudež
154...	Odpornost na klimatske spremembe – karte ranljivosti in ukrepi Aljoša Deželak, Marko Kolenc, Nikola Rebič, Klemen Dragaš
156...	Pristop k razvoju evropskega in slovenskega vodikovodnega omrežja Matej Urh
160...	Distribucija plina v pogojih razogličanja Urban Odar

Str.	Prispevek [Avtorji]
164...	Obvladovanje emisij metana kot prispevek k razogljičenju Marko Kogovšek
166...	Priložnosti in izzivi daljinskega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji Ljubo Germič, Matija Meden, prof. Filip Kokalj
169...	Vpliv baterijskih hranilnikov električne energije na vodenje in obratovanje elektroenergetskega sistema Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek
174...	Energetska tranzicija Slovenije s poudarkom na vodikovih tehnologijah in orodju Svetovnega energetskega sveta Ivan Šmon
176...	Vloga potrdil o izvoru pri oblikovanju enotnega trga z obnovljivimi plini in vodikom Marko Širovnik
179...	Sistemske pogled uvedbe novih omrežinskih tarif za uporabo elektroenergetskih omrežij Andreja Ivartnik Kanduč, Igor Podbelšek
181...	Vpliv novega sistema obračunavanja omrežnine na odjemalce električne energije Miloš Pantoš, Lucija Lukas
183...	Analitična ocena vrednosti nedobavljene električne energije Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš
185...	Trajnostno upravljanje s sedimenti za ohranjanje energetskega potenciala akumulacij HE Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc, Matjaž Knapič
192...	Vloga finančnih mehanizmov v energetske prelohu Klemen Potisek
193...	Prednosti in zadrege, ki jih v Šaleški dolini ter Sloveniji prinaša predčasno trajno prenehanje odkopavanja lignita v Premogovniku Velenje Franc Žerdin
195...	Umeščanje energetske objektov v prostor Jure Šimic, Alenka Sever Keršinar
199...	Uspešnost umeščanja nove energetske infrastrukture v prostor Katarina Ana Lestan, Ana Cerk, Maša Djurica, Maja Ivanovski, Damjan Kovačič, Rudi Vončina
202...	Globalno električno omrežje in geopolitika Krešimir Bakič
204...	Krepitev energetske pismenosti in vloge mladih pri uresničevanju energetskega preloha Mojca Drevenšek, prof. Marko Marhl, Uroš Kerin
210...	Načrtovanje trajnostnega energetskega razvoja lokalnih skupnosti v Sloveniji Jure Čižman, Damir Staničič, Katarina Trstenjak in Gašper Stegnar
212...	Sektorsko sodelovanje različnih virov energije skupaj z energetske učinkovitostjo rabe energije omogočata zeleni energetske prelohu in zmanjšanje energetske revščine v R Sloveniji Amer Karabegović
214...	Integracija obnovljivih proizvodnih virov električne energije in hramba (električne) energije Sašo Kos, Nejc Štokelj, Samo Ceferin
217...	EV4EU – Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope: priložnosti in izzivi tehnologij V2X pri vzpostavitvi trga prožnosti Matej Zajc, Tim Marentič, Andreja Smole in Hugo Morais
219...	Vidik slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost Viktor Lovrenčič, Ana Lovrenčič
224...	Vlaga v zraku: priložnosti in izzivi za dvig energetske učinkovitosti ogrevanja in hlajenja s toplotnimi črpalkami Primož Poredoš, Eva Zavrl, Tej Žižak, Suzana Domjan, Sašo Medved, Franc Marovt, Ciril Arkar
226...	Zamik električne porabe s toplotnimi črpalkami in hrambo toplote Franc Marovt
228...	Kako pravilno projektirati sistem IR-ogrevanja, da zadostimo energetske učinkovitosti v stanovanjskih in industrijskih objektih Mirko Katalenič, Marko Radoš, Miha Mulič
230...	Sistem kompresijske dvostopenjske toplotne črpalke z vgrajenimi turbinami Sven Gruber, Klemen Rola, Danijela Urbanč, Darko Goričanec
232...	Elektrifikacija velikih sistemov ogrevanja in hlajenja za trajnostno prihodnost Benjamin Černoša, Eva Lina Nava Viloria in Andrej Ljubenko

PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE

Moderatorja: Andrej Tumpej in Alojz Poredoš

09.00 - 11.00

Predstavitve prispevkov

- Mitja Tašler, Branko Debeljak: **TEŠ po premogu**
- Iztok Mori: **Šaleška dolina – na zeleno do kakovostnega življenja**
- Mojca Božič, Boštjan Gregorc, Nina Rman, Štefan Hozjan in Darko Goričanec: **Pilotna geotermična elektrarna na vrtini Pg-8 v Lendavi**
- Mojca Božič, Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc: **Predelava plavja v lesne sekance za proizvodnjo električne in toplotne energije**
- Marko Kolenc, Nikola Rebič, Aljoša Deželak, Klemen Dragaš: **Prepoznava in vrednotenje ustreznih lokacij za izgradnjo obnovljivih virov električne energije**
- Miha Grabner: **Napovedovanje proizvodnje iz sončnih elektrarn in predstavitev platforme Slovenija – Solar**

LINHARTOVA
DVORANA



Šaleška dolina – na zeleno do kakovostnega življenja

mag. Iztok Mori¹

¹ Mestna občina Velenje

* Kontaktna oseba:

Iztok Mori

Mestna občina Velenje

E-pošta: iztok.mori@velenje.si

Ključne besede: prestrukturiranje, regija, mestna občina.

1 UVOD

Ker se je in se bo Savinjsko šaleška premogovna regija spreminjala, moramo najti odgovore na vprašanja, kakšno regijo bodo po prenehanju odkopavanja premoga njeni prebivalci podedovali in jo morali sprejeti kot destinacijo, v kateri bodo živeli in si prizadevali za njen nadaljnji razvoj. V predavanju bom predstavil nekaj izbranih projektov, ki jih načrtujemo izvesti v sklopu prestrukturiranja.

2 PREDSTAVITEV POMEMNEJŠIH PROJEKTOV

2.1. Prenova sistema daljinskega ogrevanja

Zaradi prenehanja odkopavanja premoga bo potrebna prenova sistema daljinskega ogrevanja in postopen prehod na obnovljive vire energije. Prenova bo potekala v treh fazah in bo s prilagojenim režimom ogrevanja zahtevala nekatere nujne ukrepe tudi v stanovanjskih hišah in stanovanjih v več stanovanjskih stavbah. Ohranitev enotnega sistema ogrevanja bo prispevalo k energijski učinkovitosti, čistem bivalnem okolju ter uvajanju več razpršenih obnovljivih virov energije, ki bodo v celoti nadomestili premog.

2.2. Širitev ekonomsko poslovnih con

Poslovni coni Stara vas in Pesje urejamo za potrebe po ustvarjanju spodbudnega podjetniškega okolja, saj je to bistveni pogoj za odpiranje novih, nadomestnih delovnih mest ob postopnem zapiranju premogovnika.

2.3. Center prihodnosti

Center prihodnosti se bo nahajal v obnovljeni stari elektrarni. Je eden ključnih strateških projektov prestrukturiranja, saj bo generator odlično izobraženih človeških virov, uspešnih inovacij na področju gospodarstva, obnovljivih virov energije in varovanja okolja.

2.4. Vodikove tehnologije v brezemisijem transportu in razogličanju družbe

Za izvedbo projekta, ki bo omogočil uspešno prestrukturiranje regije, pričakujemo podporo pristojnih ministrstev. Iz podnebnega sklada pričakujemo finančna sredstva za nakup avtobusov ter za nakup polnilnice in vodikarne.

2.5. Razvoj objezerskega območja

Plaža v Velenju je bila petkrat zapored razglašena za najboljše naravno kopališče. Jezera so najbolj obiskana turistična točka v Velenju in Šoštanju in pomeni enega od največjih potencialov za razvojnih potencialov premogovne regije v prihodnosti.

2.6. Digitalna platforma pametno velenje

S projektom želimo vzpostaviti enotno digitalno platformo za promet in mobilnost, stanje okolja, upravljanje energetskih virov, javnih objektov in izboljšanje kakovosti bivanja. Platforma bo omogočila razvoj digitalnega ekosistema, ki bo občanom in podjetjem zagotavljal enostavnejše in hitrejše izvajanje vsakodnevnih opravil, upravljalcem mesta pa orodje za pregledno in učinkovito upravljanje skupnosti.

2.7. Tretja razvojna os

Poteka tudi na območju naše občine in je gotovo najpomembnejši razvojni projekt države. Z njo bo Šaleška dolina dobila povezavo s Koroško in ostalo Slovenijo.

2.8 Izgradnja stanovanj

Do leta 20027 nameravamo z različnimi investitorji zgraditi 400 stanovanj, ki bodo namenjena predvsem mladim družinam.

3 ZAKLJUČKI

V upravi Mestne občine Velenje bomo v naložbe v naslednjih štirih letih vložili 70 milijonov euro, v zadnji petih smo jih že 26 milijonov euro. Zato moramo biti pri zastavljanju ciljev, kaj si v prihodnje želimo ambiciozni, saj mora prestrukturiranje prinesiti nove priložnosti za sedanje in prihodnje generacije prebivalcev.

4 LITERATURA

[1] VELENJE, na zeleno do kakovostnejšega življenja. Mestna občina Velenje, Titov trg 1, 3320 Velenje. info@velenje.si;

Pilotna geotermična elektrarna na vrtini Pg-8 v Lendavi

Mojca Božič^{1,*}, Boštjan Gregorc¹, Nina Rman², Štefan Hozjan³ in Darko Goričanec⁴

¹ Dravske elektrarne Maribor d.o.o. Maribor, Slovenija

² Geloški zavod Slovenije, Ljubljana, Slovenija

³ Petrol Geo, proizvodnja ogljikovodikov d.o.o., Lendava, Slovenija

⁴ Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Mojca Božič

Institucija/podjetje: Dravske elektrarne Maribor

E-pošta: mojca.bozic@dem.si

Povzetek: Geotermalna energija je obnovljiv vir energije, ki izvira iz vroče zemeljske notranjosti. Uporablja se za ogrevanje, hlajenje in pridobivanje električne energije. Njene največje prednosti so nizke emisije, varnost za okolje in praktično neizčrpne zaloge ob pravilni rabi.

Na konferenci bo predstavljena pilotna geotermična elektrarna, postavljena leta 2023 na obstoječi nedelujoči plinski vrtini Pg-8 v naselju Čentiba, občina Lendava. Ta pilotna elektrarna uporablja inovativen način proizvodnje obnovljive električne energije z geotermično gravitacijsko toplotno cevjo. V vrtino sta vgrajeni dve cevi (tubinga) z različnima premeroma. Tekoča hladilna snov (amonijak) se po cevi manjšega premera zaradi gravitacije spušča navzdol, kjer se z naraščanjem temperature počasi uparja. Pregrete pare se vračajo na površje po cevi večjega premera in se uporabijo za proizvodnjo električne energije z Eulerjevo turbino. Nato se pare kondenzirajo in hladivo se vrne v vrtino. Posebnost te metode je zaprt tokokrog hladiva, ki potrebuje le eno suho vrtino za delovanje.

Projekt SI-Geo-Electricity – Pilotna geotermična elektrarna na obstoječi plinski vrtini Pg-8, pilotni projekt, je bila sofinancirana s strani Islandije, Lihtenštajna in Norveške s sredstvi Finančnega mehanizma EGP. Namen projekta je povečanje obnovljive električne energije z izgradnjo prve pilotne geotermične elektrarne v Sloveniji.

Ključne besede: geotermalna energija, električna energija, elektrarna, Lendava

1 UVOD

Geotermalna energija je obnovljiv vir energije, ki izvira iz toplote, shranjene v notranjosti Zemlje. Ta toplota, ki jo ohranja razpad radioaktivnih elementov, se razlikuje po regijah in je največja v bližini vulkanskih območij [1]. Radioaktivni razpad tako deluje kot dolgoročen vir toplote, ki pomaga ohranjati temperaturo zemeljske notranjosti stabilno in omogoča izkoriščanje geotermalne energije. Uporablja se predvsem za proizvodnjo električne energije, daljinsko ogrevanje in industrijske procese. Toplota se običajno pridobiva iz zemlje s pomočjo toplotnih črpalk za napajanje sistemov daljinskega ogrevanja ali pa se uporablja neposredno termalna voda za ogrevanje zgradb in proizvodnjo elektrike. Proizvodnja električne energije uporablja podzemno shranjeno toploto in jo pretvarja v električno energijo. Po podatkih Mednarodne agencije za obnovljivo energijo (IRENA) geotermalna energija zagotavlja proizvodnjo električne energije v več kot 30 državah po vsem svetu in je leta 2021 dosegla skupno nameščeno zmogljivost okoli 16 gigavatov (GW) [2]. V EU je bila bruto zmogljivost za električno energijo nekaj več kot 1 gigavat električne energije (GWe) za leto 2021. Italija je v Evropi največja proizvajalka geotermalne električne energije, sledijo Nemčija, Portugalska, Francija, Hrvaška, Madžarska in Avstrija z bistveno manjšo proizvodnjo. Geotermalna energija je leta 2022 predstavljala 0,5 % svetovnega trga električne energije iz obnovljivih virov [2].

Kljub temu, da je geotermalna energija trajnostna in zanesljiva, njen delež v svetovni proizvodnji električne energije ostaja majhen. Glavni razlogi za to so specifične geološke zahteve, omejena razpoložljivost ustreznih virov toplote ter visoki začetni stroški razvoja geotermalnih virov. V prihodnosti bo treba ta delež povečati, da bi dosegli cilje zmanjševanja emisij toplogrednih plinov in prehoda na čistejšje vire energije. Geotermalna energija ima velik potencial za rast, zlasti v regijah z visokim geotermalnim potencialom, vendar z napredkom tehnologije vse privlačnejša postajajo tudi območja, kjer geotermalne anomalije niso tako zelo izrazite. Večja raba te energije bi lahko pripomogla k večji stabilnosti energetske oskrbe in zmanjšanju odvisnosti od fosilnih goriv. Večji vložki v raziskave in razvoj tehnologij ter širitev omrežja geotermalnih elektrarn bi omogočili hitrejšo rast in povečali delež tega obnovljivega vira energije v globalni energetske mešanici.

2 KONVENCIONALNE GEOTERMIČNE ELEKTRARNE

Osnovni princip delovanja geotermalne elektrarne temelji na izmenjavi toplote iz notranjosti Zemlje, ki se prenaša skozi geotermalne tekočine na površje, in pretvorbi te toplote v mehansko gibanje in nato v električno energijo. Različne vrste konvencionalnih geotermalnih elektrarn (kot so parne, z dvofaznim tokom in binarne) imajo različne načine izkoriščanja te toplote, vendar ostaja osnovno načelo enako.

Obstaja več različnih vrst geotermalnih elektrarn, ki se med seboj razlikujejo glede na lastnosti delovnega fluida - tekočine, predvsem temperature oziroma entalpije [3]:

1. Parne geotermalne elektrarne izkoriščajo pare visokih temperatur, nad 230°C (angl. dry steam). Uporabljajo klasične parne turbine, kjer se suha para uvaja direktno v turbino, ekspandira do tlaka okolice in prosto izstopa iz turbine v ozračje. Turbina poganja rotor, generator pa mehansko delo pretvori v električno energijo. Geotermalne elektrarne, ki uporabljajo suho paro so redke, kajti naravnih virov pare je malo.
2. Zaprti uparjalni proces (angl. flash steam), kjer se pridobiva in uporablja dvofazni sistem para in voda, t. j. nasičen delovni fluid s temperaturo vsaj 180°C. Če prevladuje para, se lahko uporablja enostopenjski proces, pri katerem vodijo le paro v enostopenjsko turbino, kjer ekspandira. Če pa prevladuje voda, pa se uporablja dvostopenjski parni proces; najprej se izkoristi energija pare iz nasičenega delovnega fluida, ki jo iz separatorja vodijo v visokotlačni del turbine. Voda se pod visokim tlakom iz separatorja pri nižjem tlaku v dodatnem uparjalniku upari. Para se uvaja v nizkotlačni del turbine, ostanek vode pa se vrača v vodonosnik. Elektrarne takšnega tipa so najbolj razširjene, saj je večina visokoentalpijskih virov v naravi dvofaznih.
3. Binarne elektrarne – v toplotnem izmenjevalcu binarne elektrarne sta aktivna dva zaprta tokokroga. Termalna voda s temperaturo med 80 in 150°C upari delovni fluid- tekočino z nižjim vreliščem od temperature vrelišča vode. Njegova para ekspandira v turbini in poganja turbino generatorja. V geotermalnih binarnih elektrarnah se uporabljata dva tipa ciklov delovnega fluida: ORC (Organic Rankine Cycle) in Kalina (zmes amonijaka in vode) cikel. Te prevladujejo na ne-vulkanskih območjih.

3 PILOTNA GEOTERMIČNA ELEKTRARNA NA VRTINI PG-8

V okviru projekta SI-Geo-Electricity je bila v Čentibi v Lendavi na neproduktivni vrtini Pg-8 (globina 3.012 metrov, s temperaturo vrtine na dnu 155 °C) postavljena pilotna geotermična elektrarna, prvotno načrtovane moči 50 kW (Slika 1). Projekt temelji na inovativnem načinu proizvodnje električne energije z geotermično gravitacijsko toplotno cevjo, ki je zaščiten s Slovenskim patentom SI 26426 A. Projekt predstavlja novo tehnologijo, ki izloči vsa tveganja konvencionalnih geotermalnih elektrarn z zahtevo pridobivanja geotermalnega fluida na površje. Izzivi za zmogljivost konvencionalne geotermalne energije velikega obsega vključujejo visoke vnaprejšnje stroške razvoja, dolge časovne okvire razvoja projekta in večje tveganje v zgodnjih fazah raziskovalnega vrtanja raziskovalnih vrtin. Pomembna ovira za razvoj konvencionalne geotermalne energije v Sloveniji je tudi razdrobljena narava statističnih podatkov o geotermalni energiji, težko dosegljivi in zastareli podatki o rezultatih preteklih globokih raziskav podpovršja, neusklajena zakonodaja s premalo sistematičnimi spodbudami in nezadostno kartiranje geotermalnih virov, saj prednostna območja z največjim potencialom niso sistematično proučevana in znana.

Dodatna posebnost predlagane infrastrukture pilotne geotermične elektrarne je v zaprtem tokokrogu hladiva, kjer je za delovanje potrebna le ena suha vrtina. Elektrarna tako deluje brez plinskih emisij, ki lahko nastanejo pri običajnih binarnih geotermalnih elektrarnah, kjer se iz termalne vode običajno odvaja proste pline, za vzdrževanje vodne bilance rezervoarja pa se poleg črpalne vrtine potrebuje še reinekcijska.

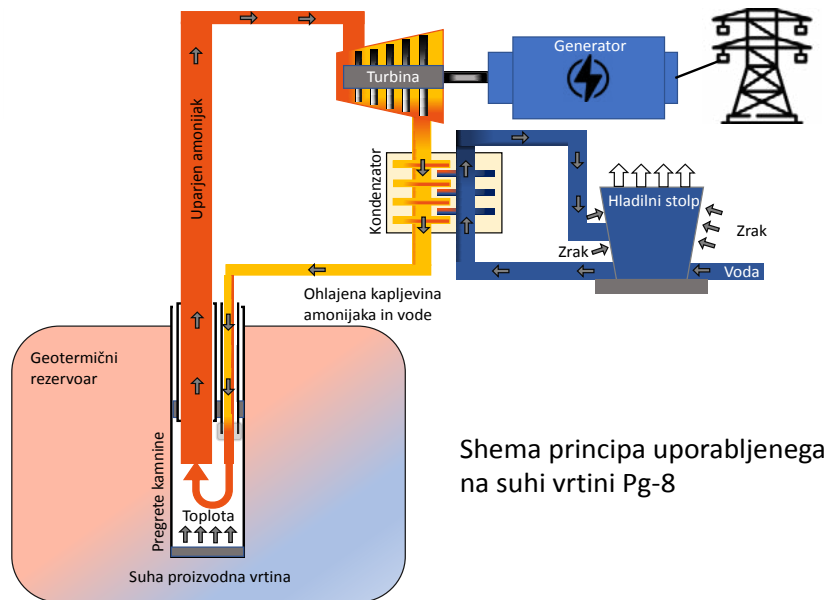


Slika 1: Fotografija pilotne geotermične elektrarne [Vir slike: DEM].

3.1 Tehnologija pilotne geotermične elektrarne na vrtini Pg-8 v Lendavi

S tehničnega stališča predstavlja geotermalno gravitacijsko toplotno cev plinotesna vrtina v katero sta vgrajeni vzporedno dve cevi (tubinga) z manjšim in večjim premerom, kjer se skozi tubing manjšega premera uvaja tekoča hladilna snov (amonijak) s površja. Tok amonijaka je zaradi gravitacije usmerjen navzdol in se ob ustrezni regulaciji, po prehodu vgrajenega packerja in parne zapore, z naraščanjem temperature z globino počasi uparja. Pregrete pare amonijaka se vračajo na površje po sredinski cevi (tubing večjega premera) in se izkoriščajo za proizvodnjo električne energije z uporabo Eulerjeve turbine. Iz Eulerjeve turbine se amonijeve pare vodijo v kondenzator, kjer se kondenzirajo in vračajo nazaj v vrtino (Slika 2). Intenzivnost prenosa toplote z notranje površine vrtine na

hladivo amonijak, je odvisna od temperaturne razlike, toplotne prevodnosti geoloških plasti vrtine in od površine uparjanja hladiva. Tlak in temperatura par hladiva v stacionarnem stanju, je odvisna od temperature, toplotne prevodnosti geoloških plasti vrtine in masnega pretoka tekočega hladiva. Toplotne izgube med tekočo in parno fazo nad parno zaporo, se preprečujejo z vakumiranjem medcevnega prostora. Posebnost uporabe geotermične gravitacijske toplotne cevi je v zaprtem tokokrogu hladiva, kjer je za delovanje potrebna le ena suha vrtina. Elektrarna tako deluje brez plinskih emisij, ki nastanejo pri običajnih binarnih geotermalnih elektrarnah pri pretoku vodnega fluida, kjer se poleg črpalne vrtine potrebuje še reinjekcijska vrtina.



Shema principa uporabljenega na suhi vrtini Pg-8

Slika 2: Shema delovanja pilotne geotermične elektrarne na vrtini Pg-8 [Vir slike: DEM].

4 AKTIVNOSTI PROJEKTA SI-GEO-ELECTRICITY

Dravske elektrarne Maribor so skupaj s partnerji Petrol Geo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Geološki zavod Slovenije v času med majem 2022 in aprilom 2024 izvedle naslednje aktivnosti.

4.1 Sanacija vrtine

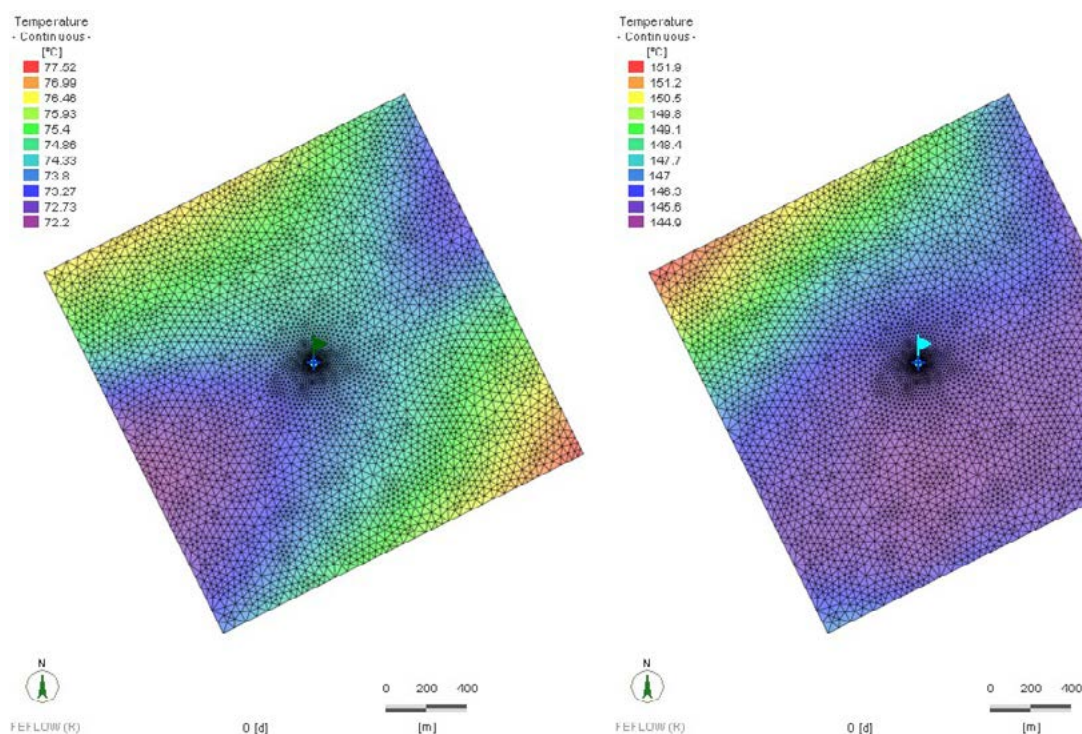
V sklopu sanacije neproduktivne suhe vrtine Pg-8 se je odstranilo obstoječo opremo iz vrtine, izvedel preizkus tesnosti ter vstavil sistem geotermične gravitacijske toplotne cevi. Zaradi težav z odstranitvijo predhodno vgrajenega packerja na globini 1600 m, je postopek trajal dlje kot je bilo prvotno načrtovano.

4.2 Postavitev nadzemnega dela pilotne geotermične elektrarne

Izvedena so bila gradbena dela (izgradnja treh betonskih podstavkov za kontejner in turbinski sklop, za kondenzator in rezervoar in za hladilni stolp, urejanje okolice za postavitve ograje), električna inštalacija in namestitev električne opreme, strojne inštalacije in namestitev strojne opreme (Slika 1). Po polnjenju sistema z amonijakom so se izvedla testiranja. S testiranjem se je potrdilo, da je toplotna izdatnost vrtine premajhna za doseganje zadostnih pretok par amonijaka za konstantno obratovanje elektrarne. Izvedene so bile dodatne simulacije glede potrebne modifikacije turbinskega dela opreme. Prilagoditev opreme je bila izvedena in sledi ponovno testiranje.

4.3 Simulacija stanja v kamninah in vrtini ter izdelava matematičnega modela za simulacijo toplotnega in masnega toka nosilca toplote v geotermični gravitacijski toplotni cevi

Na osnovi geoloških podatkov vrtine Pg-8 je bil izdelan 3D geološki in geotermični model okolice v programu FEFLOW, s katerim so bile izvedene simulacije spremembe temperaturnega polja ob odvzemu toplotne energije (Slika 3). Prav tako je bil razvit in objavljen matematični model za simulacijo toplotnega in masnega toka v geotermični gravitacijski toplotni cevi [1]. Model simulira, da neprekinjeno odzemanje največje zmogljivosti hitro izčrpa uporabno toploto vrtine. Razlog pripisujemo razmeroma počasnemu konduktivnemu prenosu Zemljine toplote, katerega naravno obnavljanje omejuje kapaciteto sistema.



Slika 3: Levo: Simulirane temperature naravnega stanja na vrhu odprtega odseka vrtine PG-8 (globina 1000 m), Desno: Simulirane temperature naravnega stanja na dnu odprtega odseka vrtine Pg-8 (globina 2763 m). [Vir slike: GeoZS [4]].

4.4 Ocena geotermičnega potenciala opuščanih naftno-plinskih vrtin v Sloveniji in priprava smernic za razvoj projektov za izgradnjo inovativnih geotermičnih elektrarn

V okviru projekta je bilo izvedeno kartiranje vseh globokih in po več geoloških, tehničnih in geotermičnih kriterijih primernih opuščanih naftno-plinskih vrtin v Sloveniji ter pripravljene smernice za razvoj novih projektov. Izbran je bil pristop 19 kriterijev, na osnovi katerih se je pripravila skupna ocena potencialnih vrtin v Sloveniji. 15 vrtin se je uvrstilo v tri skupine:

- Najbolj primerne: Pg-3, Pg-7, Pg-6, Pt-1 in Pt-8
- Potencialno primerne: Mot-1, Mg-6, Fi-4, Do-1, DV-1, Kor-1ga, Fi-14 in Fi-3
- Manj primerne: Peč-1 in Dan-1.

Glede na ocenjeno proizvodno moč sta najprimernejši vrtini Pg-3 (46,2 kWe) in Pg-7 (29,1 kWe). Pg-6 ima še opazno ocenjeno moč (33,9 kWe), medtem ko imata Pt-1 (5,6 kWe) in Pt-8 (5,4 kWe) nizko kapaciteto. Pg-6 ima nekoliko manjšo parcelo, Pt-8 pa nekoliko bolj oddaljeno transformatorsko postajo. Trenutna vertikalna globina je najbolj primerna pri Pg-3, Pg-7, Pg-6, Mot-1 in Mg-6, te imajo tudi ugodne temperaturne pogoje. Mot-1 (52,3 kWe) in Mg-6 (60,4 kWe) imata tudi visoko ocenjeno proizvodno kapaciteto. Izmed njih je le parcela Pg-7 v lastništvu Republike Slovenije, ostale so v lasti Petrol Geo.

5 ZAKLJUČKI

Geotermalna energija predstavlja obetaven obnovljiv vir energije, ki zaradi svojih trajnostnih lastnosti in nizkih emisij lahko prispeva k hitrejšemu prehodu na čistejšo vire energije. Kljub prednostim njen delež v svetovni proizvodnji električne energije ostaja majhen, predvsem zaradi visokih začetnih stroškov in omejene prostorske razpoložljivosti ustreznih virov toplote.

Pilotni projekt SI-Geo-Electricity na vrtini Pg-8 pri Lendavi prinaša inovativen pristop k uporabi geotermalne energije z uporabo geotermične gravitacijske toplotne cevi. Ta tehnologija ponuja pomembne prednosti, kot so zaprt tokokrog hladiva in zmanjšanje tveganj, povezanih z običajnimi geotermalnimi elektrarnami, vendar se projekt sooča z določenimi tehničnimi izzivi. Med ključne izzive spadajo tehnične omejitve zaradi uporabe stare vrtine, ki otežujejo oziroma onemogočajo uporabo globinskega monitoringa stanja v vrtini, zato v primeru težav ni možno neposredno ugotavljati njihovega vzroka.

Zaradi teh izzivov projekt še ni zaključen, končni rezultati in ocena njegove učinkovitosti pa bodo mogoči šele po končnem testiranju, ki se načrtujejo še v letu 2024. Rezultati bodo prinesli pomemben vpogled v morebitno širšo uporabo geotermalne energije na opuščeni vrtinah v Sloveniji in širši regiji, kjer je veliko (opuščenih) naftnih in plinskih polj.

Zahvala: Projekt SI-Geo-Electricity – Pilotna geotermična elektrarna na obstoječi plinski vrtini Pg-8, pilotni projekt, je bil sofinanciran s strani Islandije, Lihtenštajna in Norveške s sredstvi Finančnega mehanizma EGP. Namen projekta je povečanje obnovljive električne energije z izgradnjo prve pilotne geotermične elektrarne v Sloveniji.

6 REFERENCE

- [1] GSELMAN U., PERŠAK V., GORIČANEC D.: Numerical analysis of low enthalpy deep geothermal energy extraction using a novel gravity heat pipe design, *Applied Science*, 2024.
- [2] IRENA, Global geothermal market and technology assessment, ISBN: 978-92-9260-495-0, 2023.
- [3] RAJVER D., LAPANJE A., RMAN N.: Možnosti proizvodnje elektrike iz geotermalne energije v Sloveniji v naslednjem desetletju, *Geologija*, 2012.
- [4] RMAN N., ADRINEK S., GERČAR D., RAJVER D., LAPANJE A., ATANACKOVJ.: AT Simulacija stanja v kamninah in vrtini ter izdelava matematičnega modela; DT 2.3.1 Matematični model toplotnega polja in toka podzemne vode v vplivnem območju vrtine Pg-8 v Petišovcih, 2024.

Predelava plavja v lesne sekance za proizvodnjo električne in toplotne energije

Mojca Božič^{1,*}, Polonca Ojsteršek¹, Boštjan Gregorc¹

¹ Dravske elektrarne Maribor d.o.o. Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Mojca Božič

Institucija/podjetje: Dravske elektrarne Maribor

E-pošta: mojca.bozic@dem.si

Povzetek

Lesna biomasa predstavlja pomemben vir obnovljive energije, pridobljene iz lesa in lesnih ostankov. Vključuje različne oblike lesa, kot so hlodi, veje, žagovina, lubje ter predelane lesne ostanke, kot so lesni sekanci, peleti in briketi.

Dravske elektrarne Maribor (DEM), skladno s koncesijsko pogodbo za rabo reke Drave, redno odstranjujejo plavje pred hidroelektrarnami, s čimer preprečujejo mašenje turbinskih vtokov in zagotavljajo varno ter zanesljivo proizvodnjo električne energije. V preteklosti so plavje predajali pooblaščenim predelovalcem odpadkov, zdaj pa so v skladu s trajnostnim upravljanjem in krožnim gospodarstvom pridobili okoljevarstveno soglasje in dovoljenje za predelavo plavja v lesne sekance.

Predelava poteka na lokaciji hidroelektrarne Zlatoličje, kjer se lesni del plavja predela v biomaso. Lesni del plavja, ki je opredeljen kot odpadki, se predela v lesne sekance, ki so primerni za uporabo v srednje velikih ali velikih kurilnih napravah. S tem prispevajo k zmanjšanju ogljičnega odtisa ter spodbujajo in uresničujejo trajnostne energetske prakse.

DEM so za navedeni postopek pridobile tudi mednarodni SURE certifikat, ki potrjuje skladnost z zahtevami Direktive o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov RED II (Direktiva EU 2018/2001 - Renewable Energy Directive II). Pridobljeni certifikat je ključen korak pri zagotavljanju skladnosti z emisijskimi standardi za biogoriva, ki jih predpisujejo regulativni organi, zlasti za operaterje proizvodnje električne energije in toplote iz biomase ali bioplina z močjo nad 20 MW.

Ključne besede: biomasa, plavje, odpadki, lesni sekanci, energetska izraba

1 UVOD

Zavedanje, da so naravni viri omejeni, našo družbo vodijo od linearnega modela gospodarstva (»vzemi-naredi-odstrani«) v krožni model gospodarstva (»zmanjšaj-ponovno uporabi-recikliraj«). Koncept krožnega gospodarstva velja za enega ključnih okvirov energetskega sektorja za zmanjšanje okoljskega vpliva. Energetski sektor porabi več kot 40 % vseh naravnih virov in je odgovoren za več kot 70 % evropskega ogljičnega odtisa [1]. Da bi zmanjšali ogromno porabo naravnih virov in posledično odpadkov, mora energetski sektor postati trajnosten. To lahko dosežemo z uporabo tako imenovanih odpadnih materialov, kot je na primer rečno plavje.

Plavje predstavljajo biološki odpadki (les, listje trave) in anorganski odpadki (plastenke, gume, pločevina). Kolčina plavja je odvisna od frekvence in intenzitete vremenskih pojavov (padavine, veter, žledolom), pretoka, morfologije obrežja itd. Za nemoteno obratovanje hidroelektrarn in zagotavljanje kontinuirne proizvodnje električne energije je ključnega pomena odstranjevanje plavja in vodotokov. Plavje namreč povzroča mašenje turbinskih vtočnih rešetk, s tem pa zmanjšano ali celo prekinjeno proizvodnjo električne energije.

Strategija Dravskih elektrarn Maribor (DEM) je usmerjena v zagotavljanje trajnostnega razvoja, preprečevanje in zmanjšanje nastajanja odpadkov. Ravnanje z odpadki zajema zbiranje, prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov, vključno s kontrolo in okoljevarstvenimi ukrepi. V kolikor nastajanje odpadkov ni možno preprečiti, je v skladu s strategijo potrebno poiskati možnost recikliranja in snovne izrabe odpadnih materialov, nato toplotne obdelave z izrabo energetske vrednosti odpadkov in kot zadnjo možnost uporabiti odlaganje oziroma sežig odpadkov. Predelava odpadkov se tretira kot eden izmed bolj načinov ravnanja z odpadki.

2 ENERGETSKA IZRABA PLAVJA KOT BIOMASE

Biomasa kot obnovljivi vir energije, ne potrebuje uvoza, ne prispeva dodatnega CO₂ v okolje, je stroškovno učinkovita za ogrevanje in proizvodnjo električne energije, ter prispeva k ustvarjanju delovnih mest. Evropska komisija navaja, da biomasa pomembno prispeva k energetske varnosti, saj temelji na lokalnih virih energije in zmanjšuje odvisnost od fosilnih goriv [2].

Evropska komisija ima ambiciozne načrte za povečanje rabe biomase in obnovljivih virov energije v EU, kar vpliva tudi na Slovenijo. EU strategija za bioenergijo spodbuja povečanje rabe biomase v energetske mešanici. RED II določa cilj, da naj bi do leta 2030 dosegle obnovljive vire energije 45,5% deleža v končni rabi energije EU. Ta cilj vključuje vse oblike obnovljivih virov, vključno z biomaso [3].

Slovenija usklajuje svoje energetske cilje v zvezi z izrabo biomase z evropskimi smernicami in strategijami, predvsem z Energetskim koncept Slovenije, ki določa dolgoročne cilje za energetske oskrbo Slovenije, vključno z večjo uporabo obnovljivih virov energije, kot je biomasa [4] in Nacionalnim energetske in podnebnim načrtom, ki vključuje cilje za doseg zmanjšanja emisij toplogrednih plinov in povečanje rabe obnovljivih virov energije [5].

3 POTREBNA DOVOLJENJA

3.1 Okoljevarstveno soglasje

Za postopek predelave lesnega dela plavja je bila izvedena presoja vplivov na okolje, dokument POROČILO O VPLIVIH NA OKOLJE za Postopek drobljenje lesnega dela plavja na lokacije HE Zlatoličje – 2940-22/104798-22/3974912/3.

Pridobljeno je okoljevarstveno soglasje.

3.2 Okoljevarstveno dovoljenje

V skladu z 38. členom Uredbe o odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22), lahko izvajalec obdeluje odpadke le, če ima okoljevarstveno dovoljenje za predelavo ali odstranjevanje odpadkov za napravo ali dejavnost iz 110. ali 126. člena zakona, ki ureja varstvo okolja.

Pridobljeno je okoljevarstveno dovoljenje.

3.3 Certifikat SURE

Sistem SURE-EU (Sustainable RESources za EU) je mednarodni, prostovoljni sistem certificiranja, priznan na podlagi 4. odstavka 30. člena Direktive o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov (EU 2018/2001, v nadaljevanju: RED II direktiva), ki zagotavlja, da so izpolnjene zahteve in merila 29. in 30. člena te direktive. Sistem vključuje verifikacijo celotne vrednostne verige biogoriv, kar pomeni da preverja trajnost surovin, njihov izvor, predelavo, distribucijo in uporabo, s katero se prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Je opera-

tivni okvir ali infrastruktura, ki omogoča izvajanje, nadzor in zagotavljanje skladnosti z zahtevami sheme SURE.

Družba DEM d.o.o. je od 22. 4. 2024 vpisana v sistem SURE in je 21. 5. 2024 pridobila certifikat SURE (št. SURE-EU/PL-001/Z60249274), ki se vsako leto, na podlagi ponovnega preverjanja skladnosti podjetja z zahtevami sistema SURE-EU s strani zunanje certifikacijske hiše, obnovi.

4 POSTOPEK PREDELAVE

Plavje se na hidroelektrarnah DEM odstranjuje iz vode in se nato zbere na skupnem urejenem začasnem skladišču HE Zlatoličje. Na tem začasnem skladišču se plavje pred nadaljnjo predelavo delno posuši. Sledi sortiranje plavja na lesni in ostali del posameznih odpadkov (papir, kovine, plastika in guma, steklo, tekstil), za katere se uporabljajo namenski zaprti kontejnerji. Za drobljenje lesnega dela plavja se uporablja drobilec KOMPTECH AXTOR 4510 in nakladač MANITOU MLT 741 (slika 1). Z nakladačem se lesni odpadki vnašajo na transportni del drobilca. Skladiščenje lesnih sekancev do odvoza traja manj kot 1 mesec. V tem času se izvedejo kemijske analize, ki jih predpisuje standard SIST EN ISO 17225-4:2014 in Uredba o emisiji snovi v zrak iz srednjih kurilnih naprav, plinskih turbin in nepremičnih motorjev. DEM imajo vzpostavljen celoten proces izvedbe in hranjenje rezultatov analiz in evidenc prodaje. Po izvedenih analizah in rezultatih, ki potrjujejo da vsebnosti onesnaževal glede na merila določena v standardu niso presežene, se lesni sekanci smatrajo kot proizvod in se lahko brez omejitev prodajo na trgu kot gorivo za srednje in velike kurilne naprave. V predelanem materialu – lesnih sekancih je lahko še 2% nečistoč, da je proizvod še sprejemljiv.



Slika 1: KOMPTECH AXTOR 4510 drobilec lesne biomase in odpadkov (levo) in Nakladač MANITOU MLT 741 (desno) [DEM]

5 ZAKLJUČKI

Lesna biomasa, pridobljena iz plavja, predstavlja pomemben vir obnovljive energije, ki prispeva k trajnostni energetski oskrbi. Dravske elektrarne Maribor (DEM) s svojo prakso predelave lesnega plavja ne le zmanjšujejo količino odpadkov, ampak tudi prispevajo h krožnemu gospodarstvu ter krepitvi uporabe lokalnih virov energije. Pridobitev mednarodnega SURE certifikata potrjuje skladnost z evropskimi okoljskimi standardi, predvsem z Direktivo RED II, ki spodbuja rabo obnovljivih virov energije.

S predelavo plavja v lesne sekance za srednje in velike kurilne naprave DEM zmanjšujejo ogljični odtis in zagotavljajo alternativno gorivo, ki prispeva k energetski neodvisnosti. Ta trajnostni pristop spodbuja učinkovito rabo virov, zmanjšuje emisije toplogrednih plinov ter sledi smernicam krožnega gospodarstva. Takšne iniciative so ključne za prehod v nizkoogljično družbo in pomemben prispevek k uresničevanju okoljskih in energetskih ciljev na evropski ravni do leta 2030.

6 REFERENCE

- [1]European Union, Energy, transport and GHG emissions: trends to 2050, 2020.
- [2]European Union, Bioenergy report outlines progress being made across the EU, 2023.
- [3]DIREKTIVA (EU) 2018/2001 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 11. decembra 2018 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov.
- [4][Energetski koncept Slovenije](#), Strategija energetske politike do leta 2030 (in vizija do leta 2050), Ministrstvo za infrastrukturo, februar 2018.
- [5][Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt](#) (NEPN), avgust 2024

Prepoznavna in vrednotenje ustreznih lokacij za izgradnjo obnovljivih virov električne energije

Marko Kolenc*, Nikola Rebić, Aljoša Deželak, Klemen Dragaš

ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

*Marko Kolenc
marko.kolenc@eles.si

Ključne besede: obnovljivi viri električne energije, razpršeni viri, sončne elektrarne, vetrne elektrarne,

1 UVOD

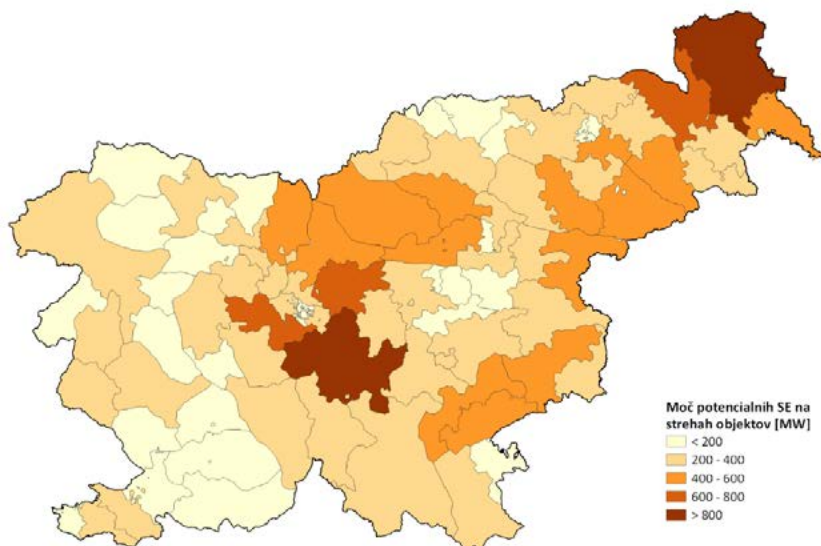
V elektroenergetsko omrežje se je v zadnjem obdobju priklopilo veliko obnovljivih virov električne energije (OVE), predvsem sončnih (SE) in vetrnih elektrarn (VE), z nižanjem cen izgradenj novih razpršenih virov (RV) pa se pojavljajo tudi težnje po novih investicijah v večje enote, ki bi bile priklopljene na visokonapetostni nivo (VN), predvsem na 110 kV. Investitorji pri izbiri lokacije upoštevajo različne dejavnike, kot so npr. ugodne vetrovne razmere v primeru izgradnje vetrnih elektrarn, cenovno ugodne parcele za izgradnjo sončnih polj ipd. Takšne lokacije so velikokrat odročne oziroma oddaljene od obstoječe elektroenergetske infrastrukture, kjer so slabe električne povezave, s čimer je omejena možnost priklopa novih proizvodnih virov ali pa bi okrepitev obstoječega omrežja zahtevala tako obsežno obnovo (zahtevno po finančnih sredstvih in dolgem času izvedbe), da priklop virov ne bi bil časovno hitro izvedljiv.

2 TEHNIČNI POTENCIAL PRIKLOPA

ELES je v sklopu vključevanja velikih OVE na prenosno omrežje (PO) pristopil sistematično oziroma v več korakih. V prvi vrsti je z namenom olajšati vključevanje novih proizvodnih virov, predvsem večjih SE in VE, v prenosno omrežje analiziral možen obseg priključevanja proizvodnih virov v Elesove RTP, kjer je to trenutno najhitreje mogoče oziroma hitro izvedljivo. V ta namen je v prvem koraku v letu 2021 izdelal ter javno objavil analizo z naslovom Možni obseg priklopa in lokacije dodatnih proizvodnih virov v Elesove RTP [1]. Na ta način želi ELES usmeriti potencialne investitorje v tiste priključne točke in tiste regije, ki že danes omogočajo priklop novih proizvodnih virov, brez potrebnih obsežnih in časovno zahtevnih nadgradenj prenosnega omrežja.

V naslednjem koraku je ELES leta 2022 pridobil strokovne podlage [2] za opredelitev tehničnega potenciala za postavitev SE, tako na strehah objektov kot tudi potenciala za postavitev večjih, samostojnih SE. Glavni cilj študijske naloge [2] je bil pridobiti oceno največje možne priključne moči potencialnih SE na strehah objektov in ocena priključne moči potencialnih samostojnih SE na območjih energetske infrastrukture, degradiranih območjih in ostalih potencialno primernih območjih na nivoju posamezne RTP. Pri tem je bila dana še posebna pozornost potencialnim območjem za postavitev samostojnih SE večjih moči, kjer bi bilo možno nameščati strnjeno proizvodnjo z vsaj 10 MW priključne moči. Skladno z navedenim je ELES v juliju 2022 na podlagi omenjene študije [2] izdelal še dokument z naslovom *Pregled možnosti vključitve večjih polj sončnih elektrarn na prenosno omrežje* [3]. Glavni namen omenjene analize je bil prikazati primerne lokacije (degradirana območja, območja energetske infrastrukture, ostala potencialno primerna območja), kjer bi bilo možna postavitev in strnjena proizvodnja velikih samostojnih SE z močjo vsaj 10 MW. Slika 1 prikazuje karto ocenjenega potenciala moči SE

na strehah objektov po območjih, ki jih napajajo RTP na 110 kV napetostnem nivoju. Ta informacija je še posebej pomembna pri načrtovanju omrežja, saj daje informacijo kje lahko v prihodnosti pričakujemo najvišjo rast SE in s tem potrebe po nadgradnjah omrežja.



Slika 1: Karta ocenjenega potenciala moči SE na strehah objektov po območjih, ki jih napajajo RTP na 110 kV napetostnem nivoju.

V celovito zgodbo vključevanja OVE spada tudi integracija vetrnih elektrarn (VE), katerih umeščanje v prostor je še posebej težavno. ELES aktivno deluje tudi na tem področju. V ta namen je v letu 2022 naročil izdelavo študije z naslovom *Ocena vetrnega potenciala v Republiki Sloveniji na podlagi modelskega pristopa* [4], ki s podobnim pristopom kot pri SE, obravnava tematiko z obzirom na vetrni potencial in potencial proizvodnje VE.

3 ZAKLJUČKI

ELES se je lotil reševanja problematike vključevanja OVE v omrežje celovito, pri čemer so predstavljeni rezultati živ sistem. V teku so posodobitve teh dokumentov, saj temeljijo trenutni rezultati analiz izhodiščnih, ki ne upoštevajo novo nastalih dejstev, med drugim Zakona o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE). Slednji razširja dopustna območja in omogoča postavitev SE na površine ob cestah, ki predstavljajo velik neizkoriščen potencial, opuščene gramozne jame, umetne vodne površine, akumulacijske bazene in kanale HE, kamor se lahko postavijo plavajoče SE itd. Vsled teh dejstev pričakujemo, da se bo tehnični potencial za izgradnjo OVE še povečal.

4 REFERENCE

- [1] ELES, Možni obseg priklopa in lokacije dodatnih proizvodnih virov v Elesove RTP, Ljubljana, 2021, <https://www.eles.si/Portals/0/Documents/Hosting%20capacity%20ELESovih%20RTP.pdf>.
- [2] Envirodual, d. o. o., Izdelava strokovnih podlag za opredelitev potenciala proizvodnje iz sončnih elektrarn z vplivom na prenosno omrežje, Ljubljana, marec 2022.
- [3] ELES, Pregled možnosti vključitve večjih polj sončnih elektrarn na prenosno omrežje, Ljubljana, julij, 2022.
- [4] EIMV, Ocena vetrnega potenciala v Republiki Sloveniji na podlagi modelskega pristopa, maj 2022

Napovedovanje proizvodnje iz sončnih elektrarn in predstavitev platforme Slovenija Solar

Dr. Miha Grabner

Predictive d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Miha Grabner

Institucija/podjetje: Predictive

E-pošta: miha.grabner@predictive.energy

Povzetek: V prvem delu predstavitve bomo predstavili zadnje trende na področju napovedovanja v energetiki. V zadnjih letih so tehnični giganti, ki se soočajo z velikimi količinami podatkov razvili nov način modeliranja oz. tako imenovan globalni način modeliranja. Predstavili bomo možnosti uporabe modelov globokega učenja s pomočjo globalnega modeliranja na področju energetike. Nato bomo predstavili kako lahko z najnovejšimi pristopi umetne inteligence zelo učinkovito napovedujemo proizvodnjo iz sončnih elektrarn s pomočjo satelitskih slik in vremenskih napovedi. V zadnjem delu predstavitve bomo predstavilo portal Slovenija Solar (dostopen na <https://slovenija.solar>), kjer lahko spremljamo sončno proizvodnjo v Sloveniji na več lokacijah in za celotno Slovenijo v realnem času. Namen platforme je ozaveščanje o pomembnosti in hkrati tudi omejitvah sončne proizvodnje.

Ključne besede: sončna proizvodnja, umetna inteligenca, napovedovanje

1 UVOD

Podnebne spremembe so glavni vzrok za energetski prehod, ki bo močno vplival na spremembo elektroenergetskega sistema. Preoblikovanje elektroenergetskega sistema v bolj trajnostnega in prijaznega okolju lahko dosežemo z elektrifikacijo prometa in toplote skupaj z integracijo novih obnovljivih virov energije. Preoblikovanje elektroenergetske industrije pa ni mogoče brez digitalizacije, ki energetskim podjetjem prinaša nove izzive, kot je obvladovanje vele podatkov iz pametnih števec. Napovedovanje v energetiki na podlagi vele podatkov postaja čedalje bolj pomembno predvsem zaradi novih tehnologij pametnih omrežij, kot sta upravljanje razpršene proizvodnje ter uvajanje prožnosti, programov vodenja porabe itd. Natančne napovedi so zelo pomembne in služijo kot vhodni podatek za sisteme upravljanja distribucijskih omrežij, trgovcem z električno energijo, optimizacije obratovanja hranilnikov, programov vodenja porabe in podobno. V prispevku bomo predstavili napovedovanje v energetiki z globalnim pristopom in aplikacijo napovedovanja proizvodnje iz sončnih elektrarn.

2 NAPOVEDOVANJE PROIZVODNJE IZ SONČNIH ELEKTRARN

2.1 Napovedovanje v energetiki z globalnim pristopom

Tradicionalni postopki napovedovanja časovnih vrst običajno temeljijo na lokalnem pristopu modeliranja časovnih vrst, kar pomeni, da je za vsako časovno vrsto treba naučiti svoj model strojnega učenja. Takšni modeli se dobro obnesejo pri napovedovanju majhnega števila časovnih vrst (npr. na ravni celotnega sistema), ampak niso primerni za napovedovanje večjih skupin časovnih vrst, kot je to v primeru distribucijskih omrežij. Za odpravo te pomanjkljivosti smo v znanstvenem prispevku [1] predlagali pristop za napovedovanje, ki temelji na globalnem

modeliranju. V nasprotju z obstoječimi pristopi v literaturi naš pristop temelji na enem samem globalnem modelu za napovedovanje vseh časovnih vrst hkrati. S predlaganim pristopom smo prvi v energetiki uporabili globalni način modeliranja, ki pa ga uporabljajo že podjetja Uber, Amazon, Google in podobni. Naš prispevek je bil tudi izbran med najvidnejše raziskovalne dosežke v letu 2023 s strani Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

2.2 Napovedovanje v proizvodnje iz sončnih elektrarn s pomočjo satelitskih slik

Na podlagi raziskav objavljenih v [1] smo izdelali globalni model za napovedovanje proizvodnje iz sončnih elektrarn, ki temelji na uporabi satelitskih slik in več vremenskih modelov. S pomočjo metod globokega učenja izjemno natančno napovedujemo razvoj oblakov in posledično proizvodnjo iz sončnih elektrarn.

2.3 Predstavitev platforme Slovenija Solar

Sončna energija bo imela zelo pomembno vlogo pri prehodu na obnovljive vire in preoblikovanju energetike. Namen spletne strani Slovenija Solar je na transparenten način prikazati pomembnost sončne energije, hkrati pa tudi njene omejitve. Transparentnost zagotavljamo s pomočjo vpogleda v dejanske podatke, ki jih izračunamo s pomočjo umetne inteligence v realnem času. Naši algoritmi vsakih 15 minut preračunajo trenutno proizvodnjo, napovedi znotraj dneva in za naslednji dan. S pomočjo globokega učenja in obdelave satelitskih slik napovedujemo razvoj oblakov, kar nam omogoča izdelavo izjemno natančnih napovedi sončne proizvodnje za nekaj ur vnaprej. Modeli upoštevajo tudi napovedi več različnih numeričnih vremenskih modelov, ki jih kombiniramo s pomočjo umetne inteligence.

3 ZAKLJUČKI

V prvem delu prispevka smo predstavili zadnje trende na področju napovedovanja v energetiki. V zadnjih letih so tehnični giganti, ki se soočajo z velikimi količinami podatkov razvili nov način modeliranja oz. tako imenovan globalni način modeliranja. V članku objavljenem v IEEE [1] smo predlagali prvi pristop napovedovanja v energetiki, ki temelji na globalnem pristopu. V drugem delu smo predstavili kako lahko z najnovejšimi pristopi umetne inteligence zelo učinkovito napovedujemo proizvodnjo iz sončnih elektrarn s pomočjo satelitskih slik in vremenskih napovedi. V zadnjem delu smo predstavilo portal Slovenija Solar (dostopen na <https://slovenija.solar>), kjer lahko spremljamo sončno proizvodnjo v Sloveniji na več lokacijah in za celotno Slovenijo v realnem času. Namen platforme je ozaveščanje o pomembnosti in hkrati tudi omejitvah sončne proizvodnje.

4 REFERENCE

- [1] M. Grabner, Y. Wang, Q. Wen, B. Blažič and V. Štruc, „A Global Modeling Framework for Load Forecasting in Distribution Networks,“ in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 14, no. 6, pp. 4927-4941, Nov. 2023

PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE

Moderatorja: Andrej Tumpej in Alojz Poredoš

11.30 - 13.30

Predstavitve prispevkov

- Damjan Seme, Boštjan Gregorc, Sandi Ritlop: **Strateške energetske rešitve: ČHE Kozjak in 2x440 kV daljnovidna povezava**
- Jure Šimic: **Večnamenskost hidroelektrarn s svojimi pregradami v Sloveniji**
- Aleš Kirbiš: **Rekonstrukcija HE Formin in jezu Markovci**
- Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek, Jurij Kurnik, Robert Bergant: **Priključitev JEK2 z močjo do 2400 MW na elektroenergetski sistem Slovenije**
- Jan Lokar, Monika Žmavc, Kaja Naglič, Tomaž Žagar in Kruno Abramovič: **Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza projekta JEK2**
- Jonas Sonnenschein: **Ekonomika jedrske novogradnje v Sloveniji: od preozke finančne analize do temeljite ocene družbenih stroškov in koristi ter tveganj**

LINHARTOVA
DVORANA



Strateške energetske rešitve: ČHE Kozjak in 2 x 440 kV daljnovidna povezava

Avtorji: mag. **Damjan Seme**, generalni direktor,
dr. **Boštjan Gregorc**, izvršni direktor področja strateškega razvoja in investicij,
Sandi Ritlop, vodja projekta ČHE Kozjak.

Skupina HSE, Dravske elektrarne Maribor, Maribor, Slovenija

*Kontaktna oseba:

Ime Priimek:

Institucija/podjetje: Skupina HSE, Dravske elektrarne Maribor

E-pošta: chekozjak@dem.si

Povzetek: Projekt Črpalne hidroelektrarne (ČHE) Kozjak na Dravi in 2 x 400 kV daljnovidna povezava do obstoječega mednarodnega daljnovoda 2 x 400 kV Maribor-Kainachtal je z državnim prostorskim načrtom (DPN) umeščen v prostor in je del sodelovanja dveh investitorjev, družbe DEM in družbe ELES. Uredba o državnem prostorskem načrtu za črpalno hidroelektrarno na Dravi in daljnovidno povezavo ČHE-RTP Maribor je bila sprejeta leta 2011. Projekt ČHE Kozjak se geografsko razteza čez tri občine. Vsi sklopi črpalne hidroelektrarne se nahajajo v občini Selnica ob Dravi. Preko mestne občine Maribor in občine Pesnica je elektrarna z daljnovidno povezavo vključena v prenosno elektroenergetsko omrežje Republike Slovenije in širše. Namen uvajanja **hranilnikov električne energije je povečanje fleksibilne proizvodnje** za potrebe izvajanja storitev izravnave na trgu električne energije, ter hkratne razbremenitve obstoječih proizvodnih enot z vidika dinamičnega obratovanja. Hranilnik (ČHE Kozjak) bo **omogočil hranjenje in proizvodnjo**, ko obnovljivi (nestanovitni) viri ne bodo proizvajali električne energije.

Ključne besede: črpalna hidroelektrarna, obnovljivi viri energije, hranilnik.

1 UVOD

Dejstvo je da potreba po električni energiji (EE) narašča tudi zaradi uporabe spremenjenega tipa in načina ogrevanja in e-mobilnosti.

Večanje deleža proizvodnje iz obnovljivih virov, zlasti sončne energije, večja potrebo po shranjevanju električne energije. Nacionalni energetski in podnebni načrt predvideva intenziven razvoj rešitev za shranjevanje energije, črpalne hidroelektrarne lahko imajo pri tem ključno vlogo. Trenutno so ekonomsko najugodnejša tehnologija za kratkoročno shranjevanje energije. V letu 2021 je bilo v ZDA 95% shranjevalnih kapacitet EE v obliki ČHE. V primerjavi z baterijami so ČHE trajnejše in okoljsko sprejemljivejše.

Posodobitev Nacionalnega podnebnega in energetskega načrta iz let 2024 (osnutek) predvideva 25% hranilnikov glede na proizvodnjo sončnih elektrarn. Leta 2040 predvidevamo proizvedene 8.800 GWh EE iz sončnih elektrarn. Prednosti ČHE Kozjak so zagotovitev stabilnost omrežja in večja energetska varnost.

ČHE Kozjak je vključen v »Razvojni načrt prenosnega sistema Republike Slovenije od leta 2023 do leta 2032« in v Nacionalni energetske in podnebni načrt (NEPN). Projekt ČHE Kozjak je del poslanstva, vizije družbe Dravske elektrarne Maribor, ki je vodilna družba pri zelenem prehodu. Glede na cilje NEPNa, je projekt strateško pomemben za celotno državo.

Izvajanje projekta poteka v sodelovanju dveh investitorjev, družbe DEM in družbe ELES. Projekt je trenutno v fazi izdelave strokovnih podlag, elaboratov in študij, ki so potrebni za presojo vplivov na okolje. V pripravi je dokumentacija za pridobitev gradbenega dovoljenja. Gradbeno dovoljenje se pričakuje leta 2026, začetek obratovanja je predviden v letu 2031.

2 OPIS PROJEKTA

ČHE Kozjak bo letno proizvedla 800 gigavatnih ur električne energije. Njena instalirana moč bo 2x220 MW, na elektroenergetsko omrežje bo povezana preko daljnovoda (2x400 kV), ki ga bo po izgradnji v upravljanje prevzela družba ELES.

Preglednica 1: Osnovni tehnični podatki

Moč	Obratovanje (letno)	Padec	Izkoristek	Pretok vode v turbin-skem načinu	Pretok vode v črpalnem načinu	Daljnovid
2 x 220 MW	800 GWh (turbiniranje), 1.100 GWh (črpanje)	710 m	0,72-0,75 %	2 x 32 m ³ /s	2 x 23 m ³ /s	2 x 400 kV

Največji gradbeni posegi se bodo vršili v Občini Selnica ob Dravi, kjer je predvidena izgradnja vseh ključnih elementov črpalne hidroelektrarne (zgornji akumulacijski bazen, tlačni cevovod, transformatorska in strojniška kaverna, odvodni cevovod, dostopni in servisni tunel, vodo-stan, vtočno-iztočni objekt in del daljnovidne povezave) in rekonstrukcija potrebnih dostopnih cest do zgornjega akumulacijskega bazena.

V Občini Maribor je načrtovana izgradnja daljnovidne povezave in vzpostavitev območja za omilitvene ukrepe. V Občini Pesnica je načrtovana izgradnja zaključka daljnovidne povezave in vzankanje v obstoječi daljnovid Maribor – Kainachtal.

Skupna dolžina daljnovidne povezave znaša 21,7 kilometra in zajema 70 stojnih mest, od tega:

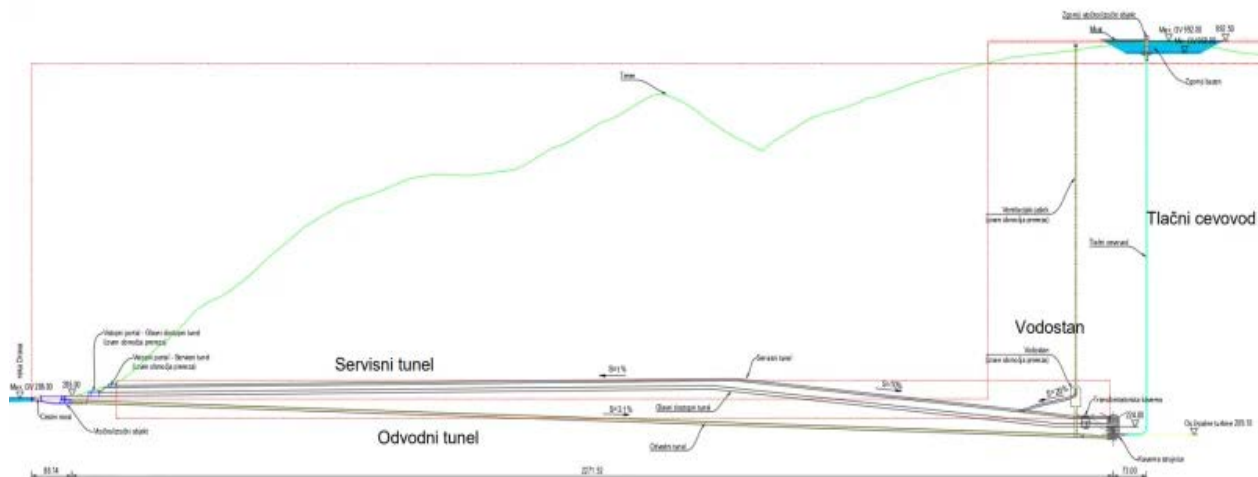
- **Selnica ob Dravi:** 7,2 kilometra (24 stojnih mest);
- **Maribor:** 10,5 kilometra (34 stojnih mest);
- **Pesnica:** 4 kilometre (12 stojnih mest).

Ključni deli črpalne hidroelektrarne so:

- vtočno – iztočni objekt (povezava z reko Dravo);
- dovodni cevovod (povezava med V/I objektom in strojnično kaverno);
- strojnična kaverna z dvema turbinama/črpalnima in agregatoma/motorjema;
- transformatorska kaverna;
- tlačni cevovod (povezava med strojnično kaverno in akumulacijskim bazenom);
- akumulacijski bazen na Kolarjevem vrhu s vtočno/iztočnim objektom;

- stikališče (navezava elektrarne na daljnovod);
- 400 kV daljnovod;
- ostali deli:
upravna stavba, servisni tunel, glavni dostopni tunel, vodostan, vstopni portali.

Na sliki 1 je v prerezu prikazana izvedba črpalne hidroelektrarne s postavitvijo strojnice v kaverni. Prikazani so vsi ključni deli črpalne hidroelektrarne z izjemo daljnovidne povezave.



Slika 1: Prikaz zasnove črpalne hidroelektrarne s postavitvijo strojnice v kaverni.

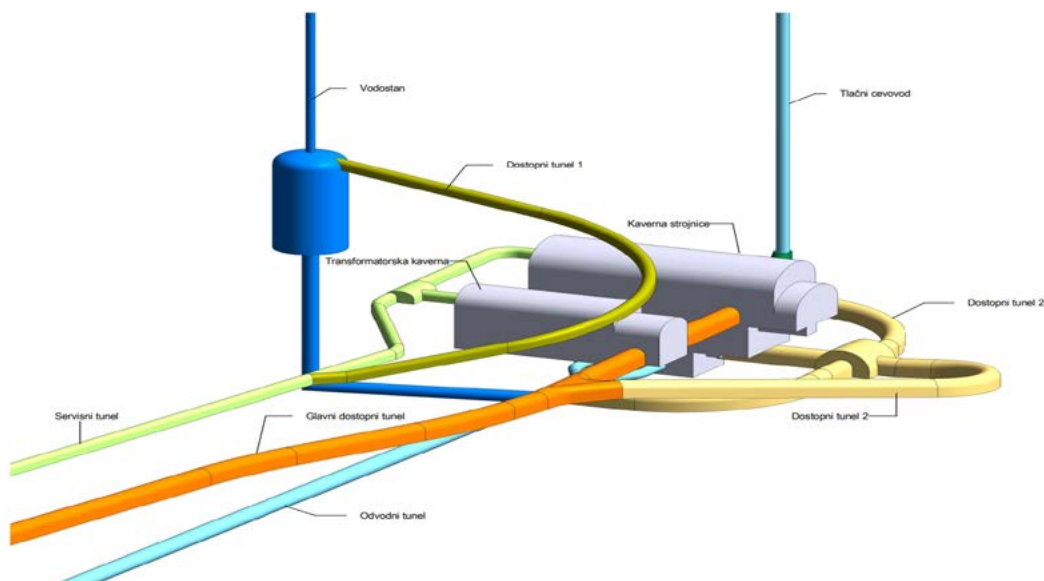
Na skrajnem levem robu slike 1 se nahaja spodnji plato s spodnjim vtočno-iztočnim objektom, ki se nadaljuje v odvodni tunel. Na koncu odvodnega tunela (desno spodaj) se nahaja kaverna strojnice, kjer sta vgrajeni dve reverzibilni Francisovi turbini. Turbini imata možnost delovanja v turbinskem in črpalnem režimu. Iz kaverne strojnice se navpično dviguje tlačni cevovod, preko katerega se zaključi zanka med reko Dravo in zgornjim akumulacijskim bazenom. Dodatno so na sliki vrisani še servisni in dostopni tunel, ter vodostan z ventilacijskim jaškom. Z zeleno črto je vrisan profil terena.

Zgornji akumulacijski bazen (slika 2) je predviden na Kolarjevem vrhu. Maksimalna kota zaježitve je 992 m n.m. pri kateri znaša koristna prostornina okrog 3.000.000 m³. Minimalna kota gladine znaša 969 m n.m., kar pomeni, da bo gladina vode v bazenu nihala 23 m. Padec elektrarne bo nihal med 687.2 m in 711.4 m. Krona obodnega nasipa akumulacijskega bazena bo na 992,50 m n.m. in bo na vodni strani nadvišana z armirano betonskim zidom. Vtočni - objekt bo stolpne izvedbe cilindričnega preseka. Povezava med krono nasipa in vtočnim objektom je predvidena z mostom.



Slika 2: Zgornji akumulacijski bazen

- **Vertikalni tlačni cevovod**, ki povezuje zgornji akumulacijski bazen in strojniško kaverno. Tlačni cevovod jeklene izvedbe, ki bo ob-betoniran, bo imel dolžino približno 750 metrov;
- **Kaverna strojnice** je tlorsko orientirana pravokotno na dovodno/odvodni sistem, višinsko pa je prilagojena ustrezni potopitvi turbine, kar določa položaj njene osi. V kaverno strojnice bosta vgrajena dva agregata z reverzibilno črpalno turbino in generator motorjem z vso pomožno opremo ter mostnim dvigalom;
- **Transformatorska kaverna** je locirana vzporedno na dol-vodni strani strojnične kaverne in je od nje odmaknjena za okrog 30 metrov. V kaverni bosta nameščena glavna transformatorja z razvodom kablov;
- **Glavni dostopni tunel** se prične z vstopnim portalom na nivoju 286 m n. m.. Trasa tunela se najprej dviga v naklonu enega odstotka, kar omogoča odvodnjavanje hribinske vode med gradnjo, nato pa spušča v naklonu deset odstotkov do začetka transformatorske kaverne. Na odseku med kavernama je trasa vodoravna na nivoju montažnega platoja. Razen dostopa je tunel predviden še za odvod izrabljenega zraka, odvod drenažne vode, kanalizacijo, hidrantno omrežje, SN kable, komunikacijske kable ter odvod dima;
- **Presek servisnega tunela** je podkvaste oblike s polkrožno kaloto, predvidene dolžine okrog 2.240 metrov. Od vstopnega portala se trasa tunela najprej dviga v naklonu enega odstotka, kar omogoča odvodnjavanje hribinske vode med gradnjo, nato pa spušča v naklonu deset odstotkov do kalote transformatorja in kalote strojnice. V fazi izgradnje služi kot raziskovalni tunel in za pristop v kaloto transformatorske kaverne, kaverne strojnice in vodo-stana, v končni fazi pa za vodenje 400 kV kablov, za zajem svežega zraka;
- **Odvodni tunel** poteka od združitve podaljškov obeh sesalnih cevi do spodnjega vtočno-iztočnega objekta. Predvidena dolžina tunela znaša okrog 2.230 metrov, v nagibu treh odstotkov;
- Za kompenzacijo vodnega tlaka na odvodno-dovodnem tunelu je predviden **vodo-stan**. Zasnovan je kot jašek cilindrične oblike višine približno 100 metrov. Zgornji del cilindra, ki je podvržen nihanju gladin, je večji. Njegov premer znaša 20 metrov in višina 41 metrov.



Slika 3: Pogled predvidene kaverne s predvidenimi tuneli in povezavami

Na spodnjem platoju (slika 4) bodo locirani iztočni kanal ČHE v Dravo, komandna zgradba, tehnološki objekt (diesel, SN stikališče, transformatorji, baterije, ...) in 400 kV GIS stikališče. S platoja bosta urejena vhoda v glavni dostopni tunel (s kote 286.0 m n.m.) in v servisni tunel s kote 302.9 m n.m.



Slika 4: Predvidena ureditev spodnjega platoja s pripadajočimi objekti.

3 ZAKLJUČKI

Trenutne svetovne razmere izpostavljajo pomembnost nacionalne energetske neodvisnosti. Glede na možnosti, ki jih Slovenija ima, trenutno največ stavimo na sončno energijo. Sonce je nestanoviten vir in ko proizvodnja preseže porabo, bo energijo potrebno shraniti. ČHE Kozjak bo v tem primeru odigrala ključno vlogo. Bistveno tveganje umeščanje novih ČHE predstavlja dolgotrajno umeščanje objektov v prostor. Povprečno traja umeščanje novih večjih proizvodnih enot v prostor do pridobitve gradbenega dovoljenja povprečno 5-8 let, kar je izjemno dolgo. Izziv je seveda razpršenost naseljenosti Slovenije in umeščanje novih enot.

Črpalne hidroelektrarne so tehnološko preizkušen in ekonomsko ugoden način shranjevanja energije. Nujno je spodbujanje gradnje večjih hranilnikov s ciljem stabilnosti oskrbe z EE. Pričetek vlaganj in raziskav v nove lokacije naj se pričnejo takoj, saj je postopek umeščanja v prostor zelo dolgotrajen. Za uspešen prehod v trajnostno energetiko moramo biti odločni in združeni v naših prizadevanjih za brezogljično prihodnost

REFERENCE

- [1] Vlada Republike Slovenije, Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt (NEPN), 2022 (posodobitev 2024),
- [2] IBE, d.d., svetovanje, Projektiranje in inženiring Ljubljana, Slovenija, Noveliran idejni projekt 4/1 PUMP-TURBINE EQUIPMENT, AUXILIARY MECHANICAL SYSTEMS, POWERHOUSE OVERHEAD TRAVELLING CRANES - BASIC EQUIPMENT DATA, 2024,
- [3] ELES d.o.o., Razvojni načrt prenosnega sistema Republike Slovenije od leta 2023 do leta 2032, 2023,
- [4] Aleksander Mervar, Dejan Paravan, Jože P. Damijan, Drago Babič, Tamara Lah Turnšek s Skupino za naravovarstvo in biodiverzitet (Izidor Ostan Ožbolt, Darja Stanič, Al Vrezec, Tina Eleršek in Nina Bodanaršek): Strategija razvoja elektroenergetsko-podnebnega sistema Slovenije do leta 2050.

Večnamenskost hidroelektrn s svojimi pregradami v Sloveniji

Mag. Jure Šimic¹

¹ direktor, HSE Invest d.o.o., Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jure Šimic

HSE Invest d.o.o.

E-pošta: jure.simic@hse-invest.si

Povzetek:

Slovenija velja za zelo vodnato državo, saj v povprečju v Sloveniji pade okoli 1.600 mm padavin na leto, skupna dolžina vodotokov znaša 26.000 km ker preračunano pomeni skoraj 1.300 m vodotokov na 1km² ozemlja. Glede na preračun letnih količin padavin ter pretokov vodotokov, se ocenjuje, da je letna razpoložljivost vode v Sloveniji okoli 33,9 km³. Od te količine jo izhlapi cca 42%, preostalih 58% pa odteče oz. je na voljo za rabo. Samo 2% vode, ki nam je na voljo, jo koristimo za potrebe pitne vode, namakanje kmetijskih površin in industrijske potrebe. Približno toliko pa nam jo omogoči zadržati v jezerih ali akumulacijah.

Glede na tehnično izkoristljiv potencial Slovenije, ki je 9.145 GWh na leto, ga je možno izrabiti na približno 120 potencialnih energetskih lokacijah z močjo nad 0,5 MW. V kolikor bi upoštevali še neizrabljen potencial malih in mikro HE na manjših vodotokih, kjer je proizvodnja ocenjena na 830 GWh (evidentiranih je okoli 650 možnih lokacij), pa tehnični izkoristljivi potencial poveča na okoli 10.000 GWh na leto. Približno polovico tega je že izkoriščeno, druga polovica pa je še vedno neizkoriščena.

So pa hidroelektrarne s svojimi pregradami in akumulacijami v Sloveniji precej podvrženi negativni publiciteti z izpostavljanjem vplivov na naravo in okolje. Res je, hidroelektrarne imajo določene vplive na naravo, res je, spreminja okolje in prostor, kjer se umeščajo. Ampak je pa tudi vprašanje ali je ta vpliv tako večji od ostalih objektov, ki se jih umešča v prostor. Zavedati se moramo, da vsak poseg, vsako človeško dejanje, vsaka posledica našega delovanja ima vpliv na naravo. Prav tako pa imajo določeni ukrepi lahko več posledic, le te pa so lahko negativne ali pozitivne – ki se jih opredeljuje predvsem po meri človeka.

Hidroelektrarne s svojimi akumulacijskimi jezери imajo določen negativen vpliv, vendar pa je pri tem pomembno izpostaviti tudi pozitivne učinke. Poleg same proizvodnje električne energije iz obnovljivega vira energije imajo ti objekti pozitiven vpliv na količinsko zadrževanje vode v Sloveniji, bogatenje podtalnice in preprečevanja nižanja gladin podzemne vode, zagotavljanje vode za potrebe namakanja, blaženje podnebnim spremembam tako iz temperaturnega (tako zraka kot vode) kot tudi količinskega vidika. Vse to pa vpliva tudi na ohranjanje ali pa na novo vzpostavljanje novih habitatov in habitatnih tipov, kar je opazno pri okoljih, kjer so se taki projekti že izvedli v preteklosti. Tako večina hidroelektrarn s svojimi akumulacijami v Sloveniji omogoča vzpostavitev takega stanja razvoja habitatov rastlinskih in živalskih vrst do te mere, da so ta območja sedaj vključena v NATURO 2000, Naravovarstvena območja in Ekološko pomembna območja, kot območja z najvišjo naravovarstveno vrednostjo.

Cilj članka je izpostaviti druge (pozitivne) vplive hidroelektrarn, kjer je izpostavljena večnamenska raba prostora ter o zavrnitvi nekaterih neresnic, ki se pojavljajo v javnosti. Zato se ne govori o največjem obnovljivem viru energije na svetu in o neposrednih koristih za šport in turizem ampak o naravovarstvenih in kmetijskih vplivih ter vplivih na preprečevanje posledic podnebnih sprememb, ki vpliva na vse segmente.

Slovenija ima še precej velik neizkoriščen hidroenergetski potencial. Z dodatnim koriščenjem le dela tega potenciala bi bistveno povečali proizvodnjo električne energije iz obnovljivega (sorazmerno stabilnega) vira energije pri čemer bi zagotovili tudi pozitivne učinke predvsem iz naslova blaženja podnebnih sprememb, vzpostavitve novih naravnih območij, zadrževanja vode, bogatenja podtalnice,...

Ključne besede: hidroelektrarne, zadrževanje vode, blaženje podnebnih sprememb

1 UVOD

Voda je naravni vir, ki jo ima, z naravnimi bogastvi sicer osiromašena Slovenija v izobilju. Letna količina razpoložljive vode v Sloveniji, ki se jo ocenjuje preko povprečnih količin padavin ter količin pretokov vodotokov, se ocenjuje na okoli 33,9 km³. To pomeni okoli 17.000 m³ na prebivalca letno, s čemer se Slovenija po vodnem bogastvu uvršča na sam vrh v Evropi (za Švico in Norveško). Skoraj vsa ta voda pa odteče, saj jo zadržimo v Sloveniji le okoli 2%, pri čemer pa smo med najslabšimi v Evropi. Večina zadržane vode je v Sloveniji posledica človeškega vpliva oz. delovanja, saj je že človek zgodaj ugotovil, da lahko na različne načine koristi vodo kot tudi njeno moč. Eden takih načinov koriščenja vode je tudi proizvodnja elektrike v hidroelektrarnah. Tako se v Sloveniji že več kot 100 let proizvaja električna energija iz hidroelektrarn. Sočasno s proizvodnjo elektrike pa se prostor prilagodil tudi drugim dejavnostim (vodnim in obvodnim), zaradi večje vodne površine kot tudi zaradi samega zadrževanja voda so se vzpostavili habitati, ki omogočajo pestro živalsko in rastlinsko okolje, zagotavljajo vodnatost tudi v obdobju suš, omogočajo delno regulacijo vode ob predvidenih poplavah,... kjer se je izoblikovala večnamenska raba prostora.

2 KORIŠČENJE VODA ZA PROIZVODNJO ELEKTRIČNE ENERGIJE

Slovenija velja za zelo vodnato državo, saj v povprečju v Sloveniji pade okoli 1.600 mm padavin na leto, skupna dolžina vodotokov znaša 26.000 km ker preračunano pomeni skoraj 1.300 m vodotokov na 1km² ozemlja. Glede na preračun letnih količin padavin ter pretokov vodotokov, se ocenjuje, da je letna razpoložljivost vode v Sloveniji okoli 33,9 km³. Od te količine jo izhlapi cca 42%, preostalih 58% pa odteče oz. je na voljo za rabo. Samo 2% vode, ki nam je na voljo, jo koristimo za potrebe pitne vode, namakanje kmetijskih površin in industrijske potrebe. Približno toliko pa nam jo omogoči zadržati v jezerih ali akumulacijah.

2.1 Energetski potencial vodotokov v Sloveniji

Vse reke niso enake, nimajo enakega režima pretoka, naklonov, velikosti porečja, vodnatosti,... Od tega je tudi odvisna primernost posameznega vodotoka za njegovo energetsko rabo. Tako so za energetsko rabo primerni predvsem vodotoki, ki imajo sorazmerno velik padec, zagotavlja dovolj veliko vodnatost in nima prevelikih nihanj vodostaja. Tako se je v članku »Možnosti izkoriščanja energetskega potenciala v Sloveniji« preverjala hidroenergetski potencial :

Preglednica 1: Ocene energetskega potenciala vodotokov v Sloveniji (vir: KRYŽANOWSKI A., HORVAT A., BRILLY M.: Možnosti izkoriščanja energetskega potenciala v Sloveniji, Mišičevi vodarski dnevi 2008 z dopolnitvijo koriščenega potenciala)

VODOTOK	BRUTO POTEN- CIAL	TEHNIČNO IZKORISTL- JIV POTEN- CIAL	KORIŠČEN POTENCIAL	DELEŽ ENERGET- SKE IZRABE
	GWh/leto	GWh/leto	GWh/leto	%
Sava z Ljubljano	4134	2794	950	34,00%
Drava	4301	2896	2833	97,82%
Soča z Idrijco	2417	1442	491	34,05%
Mura	928	690	5	0,72%
Kolpa	310	209	0	0,00%
ostali vodotoki	7350	1114	284	25,49%
skupaj	19440	9145	4563	49,90%

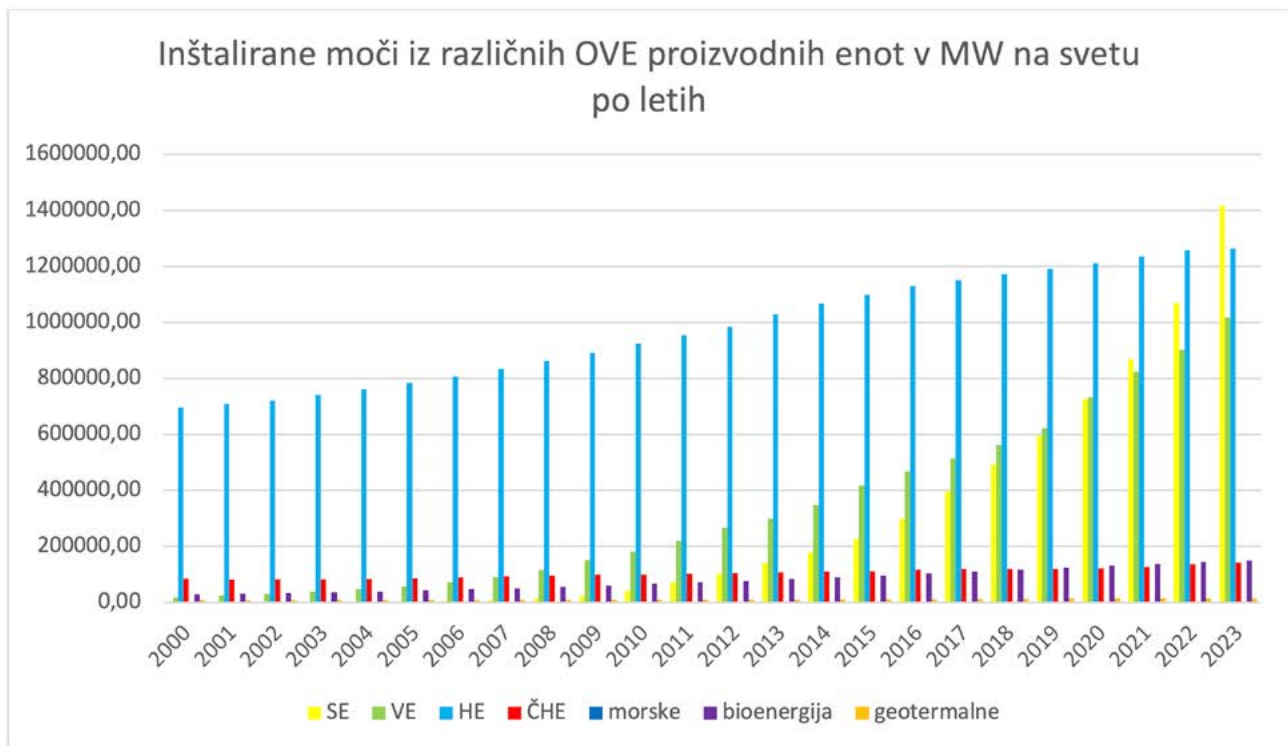
Tehnično izkoristljiv potencial 9.145 GWh na leto, je možno izrabiti na približno 120 potencialnih energetskih lokacijah z močjo nad 0,5 MW. V kolikor bi upoštevali še neizrabljen potencial malih in mikro HE na manjših vodotokih, kjer je proizvodnja ocenjena na 830 GWh (evidentiranih je okoli 650 možnih lokacij), pa tehnični izkoristljivi potencial poveča na okoli 10.000 GWh na leto. Približno polovico tega je že izkoriščeno, druga polovica pa je še vedno neizkoriščena.

Možnosti koriščenja neizkoriščenega potenciala

Trenutno je v teku priprava dokumentacija in prostorsko načrtovanje za 4 velike (nad 10MW) hidroelektrarne: HE Mokrice (spodnja Sava) ter HE Renke, HE Trbovlje in HE Suhadol na območju srednje Save. Koncesija za energetsko rabo vode je podana še za celotno ostalo območje srednje Save, medtem ko za območje Mure je v mirovanju. Na ostalih območjih (Soča z Idrijco, Kolpa, zgornja Sava, Savinja,...) pa zaradi različnih vzrokov trenutno ni aktivnosti.

Glavni problem pri energetskem koriščenju je javno ustvarjeno mnenje, da imajo hidroelektrarne s svojimi akumulacijskimi jezeri velik vpliv na naravo in da so kot take nesprejemljive. Tako mnenje ni korektno in je v veliki meri zlonamerno izkoriščeno. Res je, hidroelektrarna z vso pripadajočo infrastrukturo vpliva na naravo vendar se moramo vprašati, kateri objekt ali poseg ga pa nima. Vsak poseg ima svoje negativne vplive, ima pa tudi pozitivne, ki pa se pri hidroelektrarnah prepogosto spregledajo. Zato so v nadaljevanju članka izpostavljeni nekatere pozitivni učinki projekta na druga področja, ki niso vezana na samo proizvodnjo zelo fleksibilne obnovljive in nizkoogljične električne energije.

Nekateri nasprotniki hidroenergije pa želijo v javnosti še bolj očrtni s prirejenimi podatki. Želijo prepričati ljudi, da le te niso primerne, zato jih v tujini odstranjujejo, pri nas pa jih želimo graditi. Omenjena izjava je ena izmed vrsto prirejenih izjav vzetih iz konteksta. Res je, v tujini so nekatere pregrade res porušili (predvsem v Ameriki) ampak so to naredili zaradi dotrajanosti pregrad in njihove varnosti. Tako na istem mestu sedaj gradijo novo elektrarno z boljšimi materiali, boljšo varnostjo in prilagojeno na nove, spremenjene podnebne razmere. Omenjeno trditev se lahko ovrže tudi z uradnimi podatki mednarodne agencije za obnovljive vire energije IRENA. Tako so bili v letu 2024 objavljeni podatki za leto 2023 oz. so objavljeni statistični podatki za vsa leta od 2000 do leta 2023. Na sliki 1 so za obdobje 2000 do 2023 prikazane inštalirane moči različnih obnovljivih virov energije na svetu, kjer se lepo vidi, da inštalirane moči hidroelektrarn po svetu ne padajo ampak se še vedno povečujejo.



Slika 1: Prikaz inštalirane moči različnih OVE proizvodnih enot v MW na svetu po posameznih letih.
(vir: podatki IRENA za obdobje 2000)

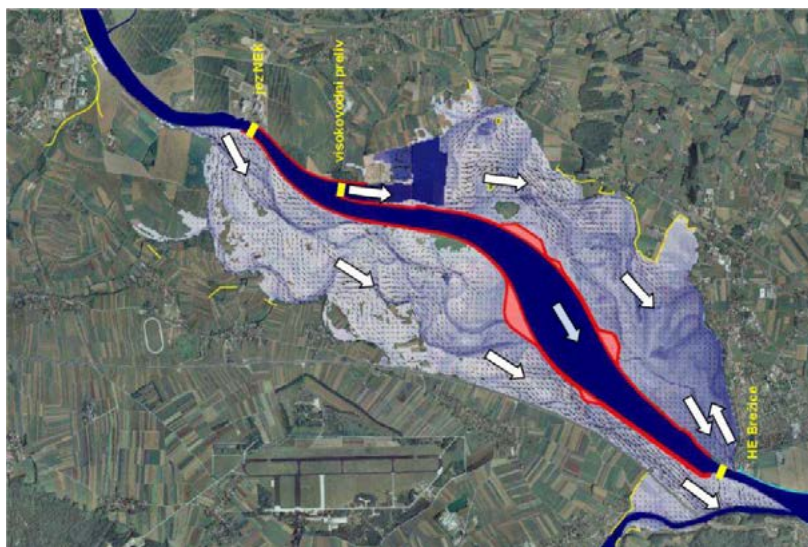
3 VEČNAMENSKA RABA HIDROENERGETSKIH OBJEKTOV

Hidroelektrarne predstavljajo največji obnovljivi vir električne energije na svetu, Evropi in tudi v Sloveniji. Ta vir je tudi izrazito fleksibilen in je za zagotavljanje fleksibilnosti elektro omrežja ter njene odzivnosti zelo pomemben vir. Poleg »energetskih« koristi pa hidroelektrarne s svojimi akumulacijami zagotavljajo večnamensko rabo prostora ter imajo pozitivne vplive na drugih področjih. Nekatere od njih so podani v nadaljevanju.

3.1 UKREPI ZA PREPREČEVANJE POSLEDIC VISOKOVODNIH VALOV

Pojav hidroloških ekstremov v Sloveniji je precej pogost, njena intenziteta pa se zaradi spreminjanja klimatskih razmer skozi leta samo še povečuje. Tako je bila v članku »Možnosti izkoriščanja energetskega potenciala v Sloveniji« za Slovenijo narejena ocena škode. Kot posledica poplav je bila ta ocenjena na 150 mio EUR/leto, ob upoštevanju škode iz naslova suš, pa je ta številka še višja. Zaradi vse večjih težav s tega naslova so potrebni ukrepi za preprečevanja škod, med katere pa se tako v Sloveniji, kot tudi v Evropi in Svetu pojavljajo zadrževalniki. Ti so le delni, vendar nujni ukrep za blaženje hidroloških neravnovesij in učinkovito zmanjševanje škod, ki vsako leto nastanejo zaradi omenjenih hidroloških ekstremov. Namen zadrževalnikov je zadrževanje večje količine vode ob visokih vodah s čemer se zmanjšuje konico poplavnega vala, zadržano vodo pa se odvaja v tistem času, ko je le ta manj.

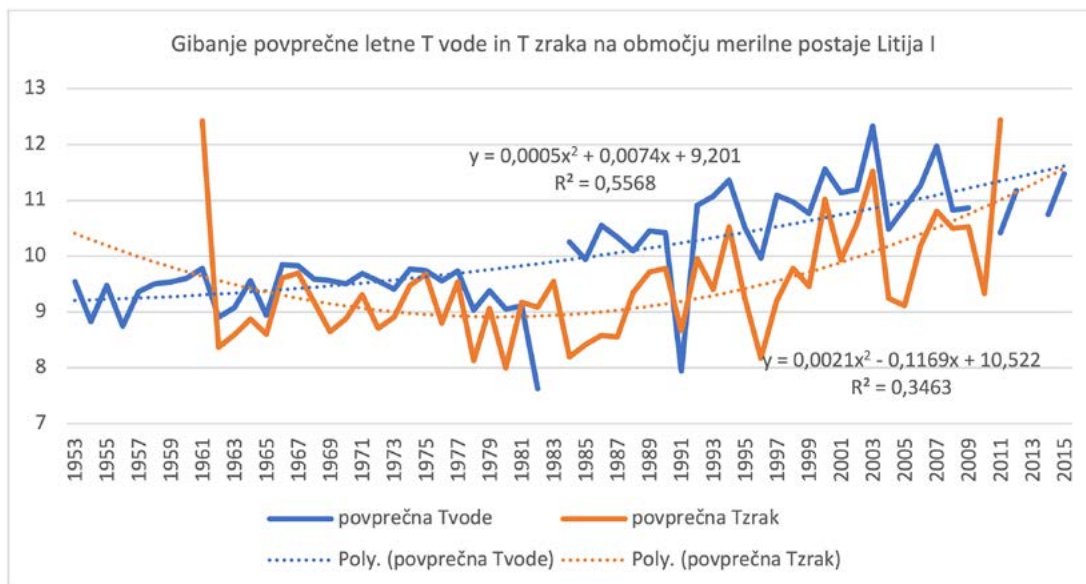
Kar polovico vseh poplavnih površin v Sloveniji pa se nahaja v porečju Save, ki predstavlja tudi eno izmed območij z najgostejšo poselitvijo v Sloveniji. Na območju spodnje Save so se v sklopu hidroenergetskih objektov reševala tudi poplavna ogroženost območij in od njihove vzpostavitev naprej območja niso bila več poplavljenjena. Zaradi morebitnega poslabšanja poplavnega vala dolvodno po reki pa si bili izvedeni tudi ukrepi za ohranjanje retenzijskih površin.



Slika 2: prikaz prevajanja visokovodnega vala po retenzijskih površinah kljub vzpostavljeni hidroenergetski rabi območja pri Brežicah (vir: internetna stran družbe HESS)

3.2 BLAŽENJE IN PRILAGAJANJE PODNEBNIM RAZMERAM IN URAVNAVANJU TEMPERATURE VODE

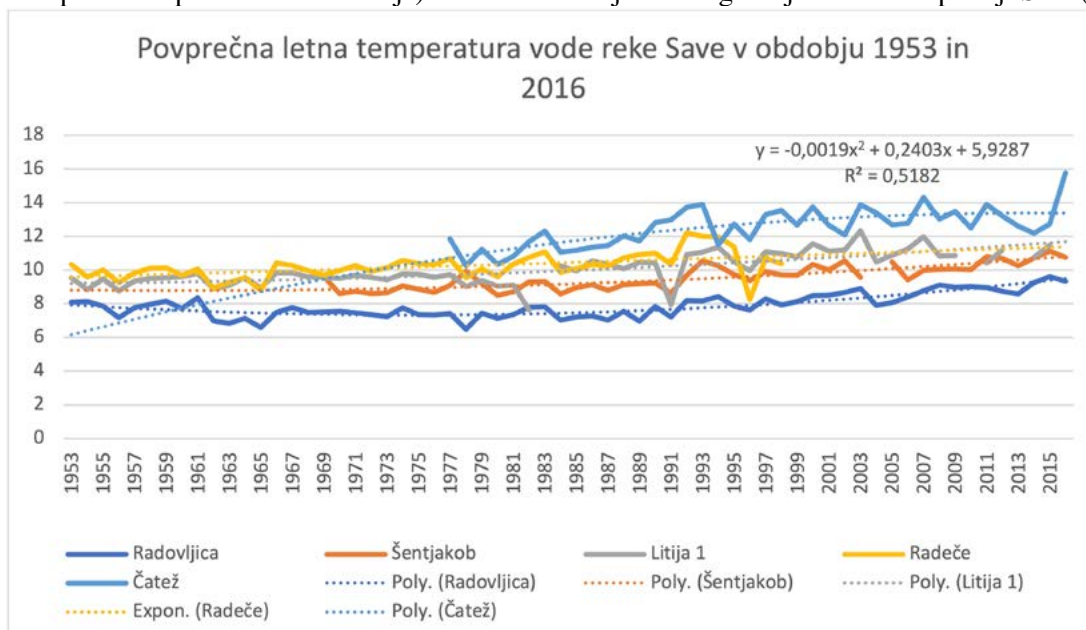
V sinteznem poročilu »Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja« je navedeno, da se je temperatura površinskih voda v obdobju 1953–2015 zviševala s trendom 0,2 °C na desetletje, temperatura podzemnih voda v obdobju 1969–2015 pa s trendom 0,3 °C na desetletje. Povprečna temperatura zraka se je v obdobju 1961–2011 dvignila za 1,7 °C. Iz tega naslova se pričakuje nadaljnja rast dviga temperatur ozračja, po optimističnih napovedih do 1,3 °C do leta 2100, zmerno optimističnih za 2 °C, v primeru pesimističnega pa za približno 4,1 °C.



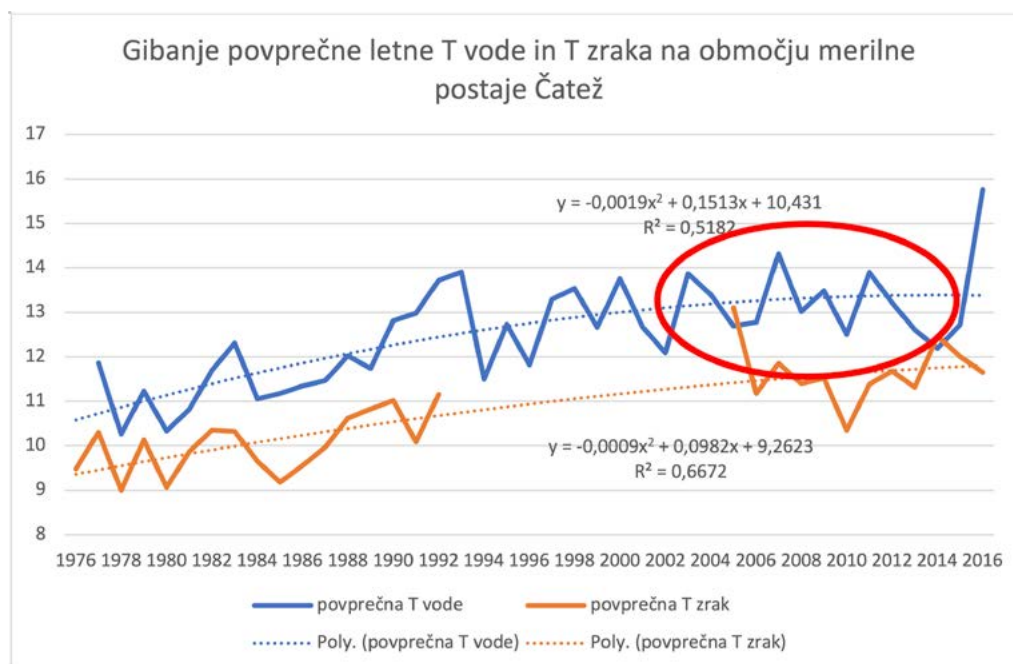
Slika 3: Prikaz gibanja povprečne letne temperature reke Save na merilni postaji Litija I ter najbližji meteorološki postaji Senovo v obdobju 1953-2015 (Vir. Lastno oblikovani podatki iz uradnih evidenc Arsa)

Na sliki 3 je prikazano gibanje povprečnih letnih temperatur reke Save na vodomerni postaji Litija I ter povprečnih letnih temperatur zraka na najbližji meteorološki postaji Senovo. Razvidno je, da se je povprečna letna temperatura reke Save v zadnjih 60 letih na vodomerni postaji Litija I dvignila za 2 °C, izračuni, ki so bili narejeni tudi pri ostalih vodomernih postajah na reki Savi pa to ugotovitev potrjujejo (dvig povprečne letne temperature med 1,5°C pa vse do 3°C).

V članku »Akumulacije blažijo posledice podnebnih sprememb« dr. Andreja Širce so predstavljeni rezultati analize rečnih temperatur na spodnji Savi v juliju in avgustu 2019. V članku so povzeti rezultati primerjav podatkov vodomernih postaj pred vodom in verigo hidroelektrarn na spodnji Savi in pri njenem iztoku. Opaziti je bilo, da je prirastek povprečnih mesečnih rečnih temperatur v Čatežu zadnjih 18 let (od začetka gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi) nižji od sočasnih prirastkov v vodotokih, ki v verigo dotekajo (Sava, Savinja in Krka). Razlog je v tem, da se voda pri nižjih globinah in temni obrasti dna bolj segreva kot pri večjih globinah in urejenih strugah. Omenjeno je tudi razvidno iz spodnje slike (slika 4), kjer je opaziti, da je trendna linija pri VP Čatež edina, kjer višanje temperature vode ne sledi ostalim trendnim linijam (le ta VP ima pri določevanju trendne črte negativni predznak polinomske funkcije) in se časovno ujema z izgradnjami HE na spodnji Savi (slika 5).



Slika 4: Povprečna letna temperature voder eke Save v obdobju izvajanja meritev posameznih vodobernih postaj VP Radovljica, VP Šentjakob, VP Litija 1, VP Radeče in VP Čatež do leta 2016 (Vir. Lastno oblikovani podatki iz uradnih evidenc Arsa)

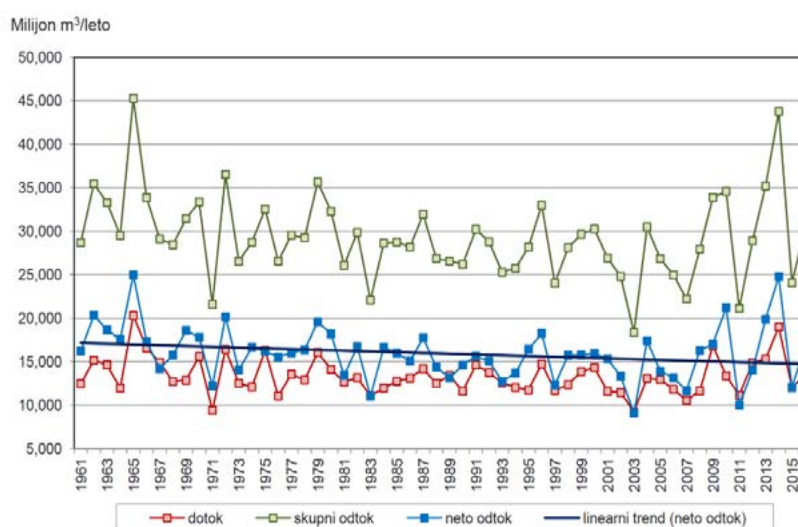


Slika 5: Prikaz gibanja povprečnih temperatur reke Save ter zraka na območju merilne postaje Čatež z dodanimi trendnimi črtami z označbo časovnega intervala vzpostavitve novih hidroenergetskih enot (vir podatkov ARSO, lastna obdelava)

Poleg samega spreminjanja temperatur vodotokov pa prihaja zaradi klimatskih sprememb tudi do nižanja povprečnih letnih pretokov v reki Savi kot tudi do vse večjih in številčnejših ekstremnih dogodkov, ki vplivajo na pretoke rek. Na podlagi javno dostopnih podatkov ARSA pridobljenih za vodomerne postaje na reki Savi je na vseh postajah videti trend zniževanja pretokov (slika 6), prav tako pa je po letu 2000 opaziti precejšnja nihanja povprečnih letnih pretokov med samimi leti.

3.3 ZADRŽEVANJE VODE

Slovenija je znana kot država z velikimi količinami padavin ter vodno bogato državo. Kljub temu pa kljub majhnosti države obstajajo konci Slovenije, ki trpijo za posledicami pomanjkanja vode. Razlog za to je neenakomerna porazdelitev vode kot tudi hitri odtok le te. Poleg tega pa se sedaj izkazuje tudi trend upadanja srednjih in malih letnih pretokov kot tudi letnih obnovljivih količin podzemnih voda. Iz podatkov iz Načrta za upravljanje z vodami (NUV) 2016-2021 se je neto odtok iz Slovenije zmanjšal kar za 22% ki so posledica predvsem nižjih vodostajev rek in ne ukrepov za zadrževanje vode. Zaradi klimatskih sprememb in s tem povezanim kumulativnim nižanjem količin vode, še bolj pa zaradi neenakomerne porazdeljenosti le te, bodo potrebni ukrepi za naravno in tudi umetno zadrževanje vode.



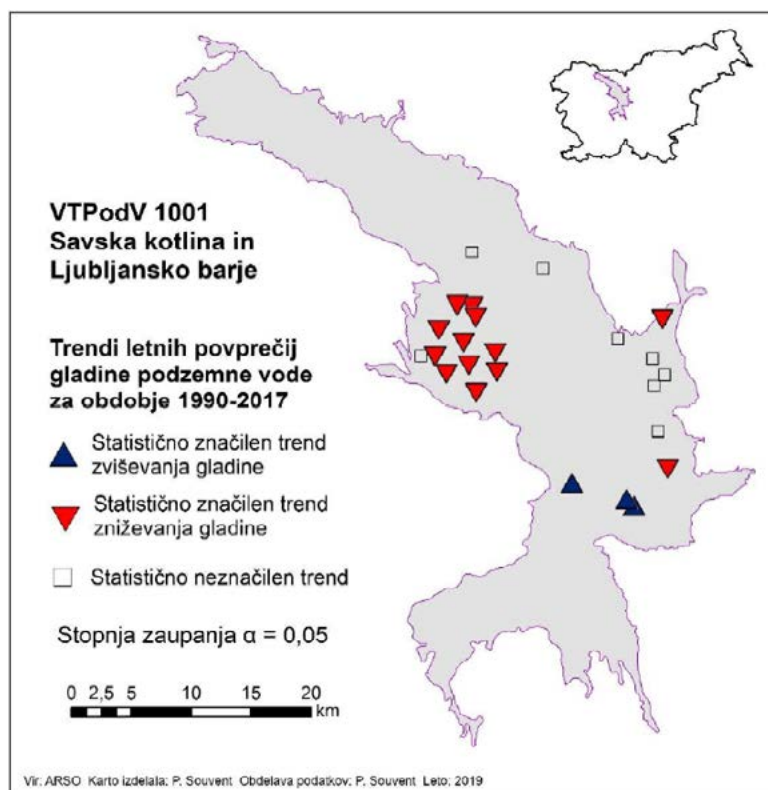
Slika 6: Časovni potek letne rečne bilance Slovenije (neto odtok kot razlika med skupnim odtokom in dotokom) (vir: ARSO)

Zadrževanje vode se v svetu kot tudi pri nas uporablja za različne namene, glede na to kje se zadrževalniki oz. akumulacije nahajajo. Največji delež (38%) vseh velikih zadrževalnikov na svetu je namenjenih za namakanje, 14% za oskrbo s pitno vodo, 13% za poplavno varnost, 18% za proizvodnjo električne energije, preostalih 17% pa za druge rabe (plovba, rekreacija, bogatenje podtalnice,...). Tako kar dobra polovica (52%) vseh pregrad in zadrževalnikov v svetu predstavlja pomemben vir vode za okolje v katerem se nahajajo. Iz podanih vzrokov za vzpostavitev zadrževalnikov oz. akumulacij je razviden širok spekter možne njihove rabe, najpogosteje pa imajo večnamensko rabo in so kot taki večnamenski objekti. Tako ima večina slovenskih zadrževalnikov oz. akumulacij večnamenski namen, pri čemer pa je ključni namen zadrževati zaloge vode na območju Slovenije čim dlje časa.

Trendi torej nakazujejo, da ob vse večjih toplotnih ekstremih, ki imajo za posledico sušo in neenakomerni porazdelitvi padavin, ki se kaže v upadanju srednjih letnih pretokov ter povečanja jakosti in tudi pogostosti ekstremnih dogodkih, vode v prihodnje le ne bomo imeli na pretek. Zaradi navedenega bo brez ustreznih ukrepov, ki bodo pripomogli k blaženju hidroloških ekstremov, težko zagotavljati obstoječe razmere v prostoru – tako za rabo voda, za življenjske združbe, biotsko raznolikost, nivojev podtalnice, vplivov na infrastrukturo,... Na posvetu »Slovenija prihodnosti v luči podnebnih sprememb – je zadrževanje voda nuja ali možnost v procesu prilagajanja podnebnim spremembam« dne 31.1.2020, ki je potekal v Državnem svetu RS, je med drugim ugotovljeno, da pregrade in akumulacije skupaj z drugimi strukturnimi in nestrukturnimi ukrepi predstavljajo ključni sistem v okviru celovitega upravljanja z vodnimi viri in vzpostavitev odpornosti narave in družbe na klimatske spremembe. Še več. Izgradnja zadrževalnikov se v tem kontekstu vse bolj izkazuje za edini učinkoviti ukrep za blaženje hidroloških neravnovesij in učinkovito zmanjševanje škod, ki vsako leto nastanejo zaradi omenjenih hidroloških ekstremov ter ključno orodje za zagotavljanje pitne vode pa tudi ohranjanje pogojev, ki bodo ohranjali biotsko raznovrstnost.

3.4 BOGATENJE PODTALNICE

Kot je bilo že v NUV 2016-2021 ugotovljeno se v Sloveniji ubadamo tudi z upadanjem letnih obnovljivih količin podzemnih voda. Iz poročila »Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji – poročilo o monitoringu podzemnih voda za leto 2017« je za območje Savske kotline ob sami reki Savi opazen statistično značilen trend zniževanja glavin podzemne vode (slika 7).



Slika 7: Statistično značilni trendi ($\alpha=0,05$) letnih povprečij glavin podzemne vode na območju VTPodV_1001 Savska kotlina in Ljubljansko polje v obdobju 1990–2017 (vir: Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji –

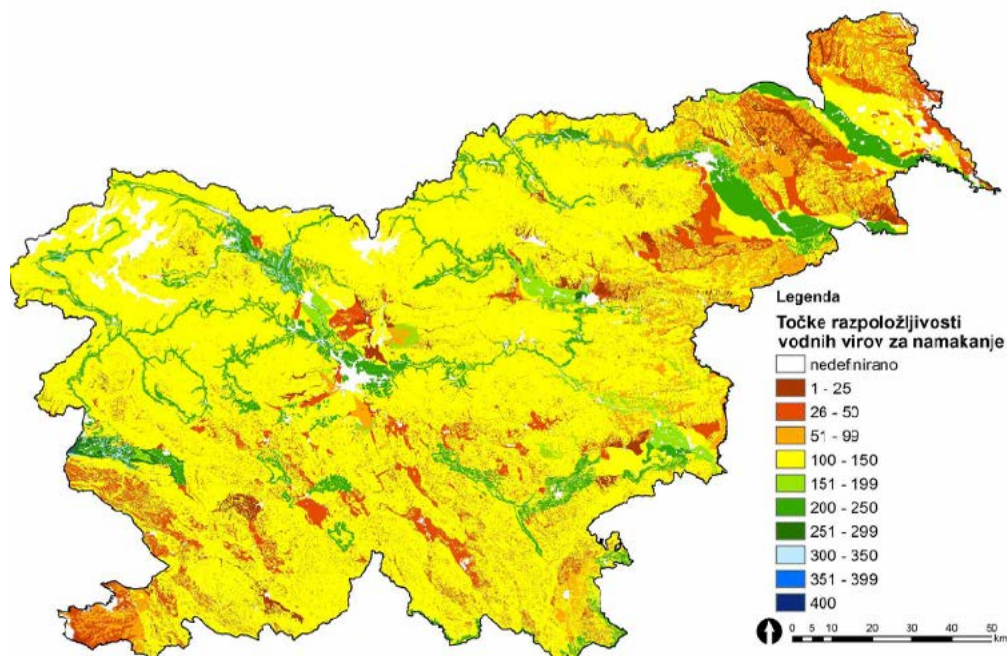
poročilo o monitoringu v letu 2017; ARSO)

Iz zgornje slike je lahko opaziti, da je upad nivoja podzemnih voda v Savski kotlini in Ljubljanskem barju predvsem prisoten na območju reke Save. Iz tega naslova se je potrebno zavedati, da so potrebni ukrepi, ki bodo trend upadanja nivojev podzemnih voda ustavili oz. jih celo izboljšali. Vzpostavitev akumulacij na tem območju je eden izmed možnih ukrepov, ki imajo tudi ostale večnamenske učinke. Tak primer je tudi HE Brežice in njen vpliv na podtalnico krško – brežiškega polja. Na tem območju se je zagotovilo dvig podzemnih voda na željeno raven, hkrati pa je omogočeno naknadno dodatno bogatenje podzemnih voda, v kolikor bi nastala potreba po tem. Pri vzpostavitvi akumulacije pogosto pride do očitkov, da se po uvodnem dvigu podzemne vode le ta kasneje začne upadati. Tak učinek je seveda pričakovan, saj je zaradi zamuljevanja brežin pretok vode iz reke v podtalnico otežen vendar pa so meritve pri HE Mavčičah in pri HE na spodnji Savi pokazale, da je gladina podzemnih voda po vzpostavitvi končnega stanja še vedno višja kot če bi se trend upadanja podzemnih voda nadaljeval na obstoječem stanju oz. tudi v primeru da dodatnega upada glede na obstoječe stanje nebi prišlo.

3.5 ZAGOTAVLJANJA VODE ZA POTREBE KMETIJSTVA

V NUV 2016–2021 so bile analizirane spremembe klimatskih in hidroloških danosti na območju Slovenije v obdobju 1961–2011. Ugotovljeno je bilo, da se je zvišala temperatura zraka na območju Slovenije, povečalo število toplih in zmanjšalo število ledenih dni, povečane so jesenske padavine in upad le teh v preostalih delih leta, tanjša je odeja novega snega in njeno krajše trajanje. Na letni ravni je ponekod zaznan tudi upad povprečnih letnih količine padavin, ki je značilen še zlasti za pomladno in poletno obdobje. Vse to pa ima vpliv na kmetijstvo, saj višje temperature pomenijo večje izhlapevanje, ki ob hkratnem zmanjšanju količine padavin negativno vpliva na količino vode v rekah. Vsi ti dejavniki napovedujejo nadaljevanje pomanjkanja vode za kmetijske namene, predvsem za rastline v njihovi rasti sezoni (spomladanski in poletno obdobje).

Za zagotavljanje ugodnega stanja za kmetijstvo bodo potrebni ukrepi za zagotavljanje vode v vseh letnih časih. V ta namen je potrebno na območjih, kjer je to mogoče (kjer so na razpolago zadostne količine vodnih virov in se v neposredni bližini kmetijskih zemljišč) vzpostaviti namakalne sisteme. Na sliki 8 je tako prikazan atlas Slovenije o razpoložljivosti vodnih virov na namakanje, kjer je območje reke Save prepoznano kot primerno območje.



Slika 8: Prikaz razpoložljivosti vodnih virov za namakanje (vir: Priročnik za načrtovanje namakanja)

V samem načrtu NUV kot tudi v Priročnik za načrtovanje namakanja je prepoznana vloga akumulacij za potrebe zagotavljanja vode za namakanje kot tudi dejstvo, da se namakanje lahko izvede v gravitacijskem načinu. Tako ni potrebnih dodatnih investicij v svoje lastne manjše akumulacije oz. izvedbo vrtin za podzemno črpanje vode

iz podzemnega vodonosnika. Primer zajema vode iz akumulacije hidroelektrarn je na območju občine Gorišnica v kanalu HE Formin (slika 9). Tak način predstavlja tudi za kmetovalce eno najbolj ekonomskih upravičenih načinov namakanja.



Slika 9: Prikaz zajema vode iz energetskega objekta HE Formin (vir: Priročnik za načrtovanje namakanja)

Poleg samega klasičnega načina namakanja pa je na območjih vzpostavljenih akumulacij možno zagotavljanje vode tudi z načinom uravnavanja višine podtalnice glede na kmetijske kulture. Tako se je na območju spodnje Save, kjer se pojavljajo nasadi sadnega drevja, nivo podtalnice uravnal na višino, ki ne škodi sadnemu drevju hkrati pa nivo podtalnice zagotavlja zadostne količine vode.

4 VPLIV NA OKOLJE

Na eni strani so prednosti in koristi gradnje zadrževalnikov (akumulacij – tako za HE kot drugih) jasne, se pa pri tem pojavljajo tudi drugi, negativni vplivi, ki lahko prednosti izničijo in postavijo pod vprašaj upravičenosti umestitve konkretnega objekta v prostor. Zaradi kompleksnosti pri umeščanju tovrstnih objektov v prostor in strateškega pomena, ki ga v luči klimatskih sprememb predstavljajo tako za družbo, kot tudi za naravno okolje, je nujno, da se javnosti poda jasna informacija o vlogi pregrad in zadrževalnikov, o kratkoročnih in dolgoročnih vplivih nameravanega posega in vseh pozitivnih in negativnih učinkih na naravno in družbeno okolje. Družba kot celota namenja vse več pozornosti okoljski problematiki gradnje zadrževalnikov, pa tudi drugim vidikom trajnosti ter razvoju večnamenskih rešitev rabe. Pri tem je nujno izpostaviti pozitiven odnos in visoko stopnjo razumevanja lastnikov in upravljalcev pregrad ter dovzetnost za pomen ohranjanja vodnih teles in hidro-morfoloških značilnosti vodotokov, obnovo mokrišč, omogočanje migracije rib, upravljanje s sedimenti in zasnovo ter ureditev drugih rešitev, ki bi pozitivno vplivale na živali, rastlinstvo in ekološko biotsko raznovrstnost. Zaradi kompleksnosti problematike je pri tem treba iskati ravnovesje med posameznimi življenjskimi združbami in okoljem, nikakor pa ne na škodo posameznih združb glede na druge, kot se v javnosti največkrat neupravičeno očita. Na drugi strani pa se še vedno srečujemo s precej rigidnim in ozkim pogledom nasprotnikov gradnje pregrad, ki pa, ob slabem ali enostranskem razumevanju kompleksnosti procesa in širše problematike vezane na gradnjo pregrad in vplivov le-teh, ne zgolj na človeka temveč tudi na naravo, utirajo pot enostranskemu pogledu tudi v nekatere ključne dokumente.

V Sloveniji smo v zadnjih letih priča ekstenzivnemu širjenju območij naravovarstvenega pomena, ki vse prevečkrat postaja orodje za preprečitev razvoja posameznih načrtovanih dejavnosti v prostoru, kot dejanska zaščita nekega območja z visoko naravovarstveno vrednostjo. Te težnje so najbolj izrazite prav na območjih načrtovanja zadrževalnikov in pregrad, kje je nasprotovanje gradnji zaradi naravovarstvenih načel največje. Taki primeri v Sloveniji so: ustavljen postopek priprave državnega prostorskega načrta za izgradnjo večnamenskih akumulacij na Muri, postopek izgradnje HE Mokrice na spodnji Savi, težave pri HE na srednji Savi,.... Pri umeščanju v prostor nasprotniki radi posegajo po institutu nesprejemljivosti posegov zaradi varovanja in ohranjanja narave, vendar pa ne habitatna in ne okvirna vodna direktiva tovrstnih posegov izrecno ne prepovedujeta, temveč le uveljavljata dolžnost izvedbe nadomestnih ukrepov z ustvarjanjem ali izboljševanjem habitatov drugod, da bi se tako ohranila

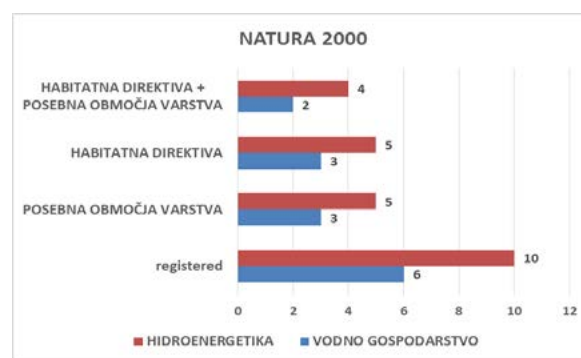
celovitost območja. Nasprotniki gradnje pregrad radi poudarjajo, da gradnja pregrade in ojezeritev pomenita uničujoč poseg v prostor z nepovratnimi vplivi na okolje in prostor. Na tem mestu ja potrebno poudariti, da npr. v Avstriji, kjer velja enaka okoljska zakonodaja, lahko gradijo hidroelektrarne in pregrade, pri nas pa ne. Na podlagi navedenih dejstev se je v članku »Pregrade – dodana vrednost v prostoru« naredil pregled dejanskega stanja slovenskih pregrad glede na varstvo okolja in njihove vloge v prostoru. Tako se je v članku izhajalo iz domneve, da je poseg nedopusten zaradi trajnih posledic, ki jih ima gradnja pregrade za naravo in krajino in bi se moralo to odraziti na izkazano visoko mero osiromašenja prostora in zato ne morejo predstavljati velike naravovarstvene vrednosti. V nadaljevanju so podani ključni povzetki.

V analiza prostora, ki je obsegala javno dostopne podatke za območja posebnega naravovarstvenega pomena NATURA 2000, Naravovarstvena območja in Ekološko pomembna območja v Sloveniji kaže, da se na več kot 70% obstoječih pregradah in akumulacijah vzpostavile razmere, ki nudijo dom številnim zavarovanim in ogroženim živalskim in rastlinskim vrstam ter življenjskim združbam ali pa celo na novo vzpostavljajo razmere, ki nudijo zatočišče številnim ranljivim in ogroženim živalskim in rastlinskim vrstam (npr. Kočevska reka). Od 70 evidentiranih pregrad in zadrževalnikov je 53 uvrščenih na sezname območij posebnega naravovarstvenega pomena, kar predstavlja več kot 75% delež vseh objektov. Od tega se 8 (11%) objektov nahaja na območju, opredeljenim kot naravna vrednota, 13 (19%) na ekološko pomembnem območju in 16 (23%) objektov na območju opredeljenim kot naravna vrednota in ekološko pomembno območje. Le 17 (25%) objektov ni neposredno v evidenci območij posebnega naravovarstvenega pomena (slika 10). Vendar z natančnejšo analizo lahko tudi za nekatere od teh objektov ugotovimo, da dve pregradi ležita na območju krajinskega parka, dve pregradi sta s tlačnim cevovodom povezani z območjem, ki je razglašeno za naravno vrednoto in še štirje zadrževalniki, ki so oddaljeni manj kot 2 km od nature območja oziroma naravne vrednote.

Ugotovljeno je, da v območjih Natura pretežna večina pregrad in zadrževalnikov (14 objektov od 16) sodi v kategorijo velikih pregrad pri katerih večino (10 objektov) predstavljajo pregrade za proizvodnjo električne energije, kar pomeni 40% delež vseh hidroenergetskih objektov. Vodno gospodarske pregrade in zadrževalniki so zastopani v manjšem deležu: skupaj 6 objektov, kar predstavlja 13% delež vseh vodnogospodarskih objektov (slika 11). Vsa območja naravo varstva na katerih ležijo pregrade in zadrževalniki v Natura območju so evidentirana tudi kot naravne vrednote in kot ekološko pomembno območje.



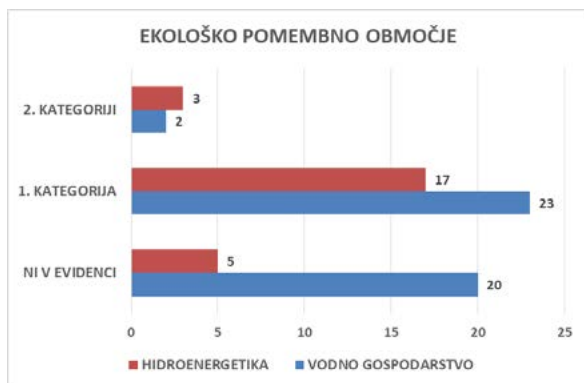
Slika 10: Pregrade na različnih naravo-varstvenih območjih



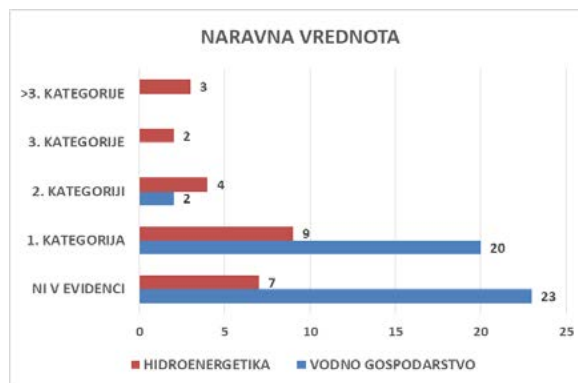
Slika 11: Pregrade na območju Natura 2000

Na območjih, ki so opredeljena kot ekološko pomembna območja je 42 objektov; od tega je 20 hidroenergetskih objektov in 25 vodnogospodarskih objektov. Pretežna večina evidentiranih objektov se nahaja znotraj posameznega območja; dva hidroenergetska objekta pa segata na dve ekološko pomembni območji (slika 12).

Na območjih, opredeljenih kot naravna vrednota se nahaja 40 objektov; od tega je 18 hidroenergetskih objektov in 22 vodnogospodarskih objektov. Vidimo, da se pretežna večina hidroenergetskih objektov (72%) in slaba polovica vodnogospodarskih objektov nahaja na območjih, ki so opredeljena kot naravna vrednota lokalnega ali nacionalnega pomena. Pretežna večina vodnogospodarskih objektov in polovica hidroenergetskih objektov leži na območju, kjer je evidentirana vsaj 1 kategorija naravne vrednote. Lahko pa se objekt nahaja na območjih, kjer je evidentiranih več kategorij naravnih vrednot – predvsem to velja za hidroenergetske objekte (slika 13).

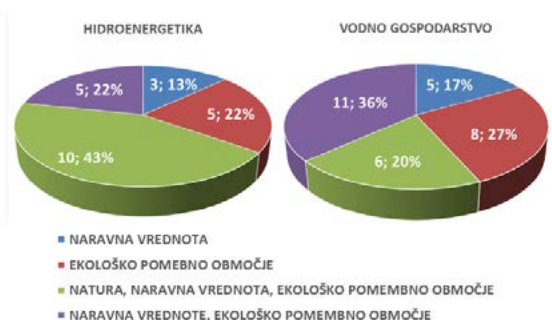


Slika 12: Pregrade na ekološko pomembnih območjih

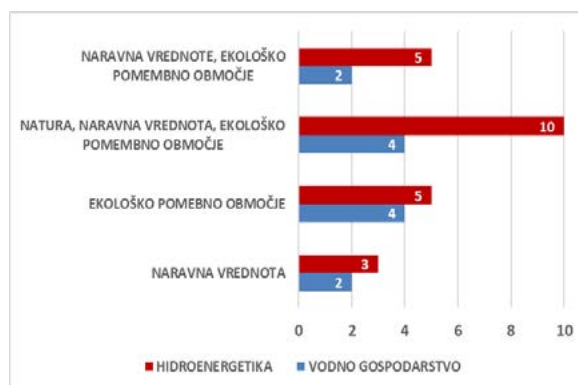


Slika 13: Pregrade na območjih naravnih vrednot

Od skupno 70 pregrad in jezov je - skladno z mednarodno klasifikacijo ICOLD - 43 objektov od teh opredeljenih kot velika pregrada. Po primarni namembnosti prevladujejo vodnogospodarske pregrade 45 (64%), med tem, ko je hidroenergetskih objektov 25 (36%). Če analiziramo objekte po namenu lahko ugotovimo, da od 25 hidroenergetskih objektov zgolj 2 (8%) ne ležita neposredno na območju posebnega naravovarstvenega pomena; na območjih naravnih vrednot se nahajajo 3 (13%) objekti, na območjih posebnega ekološkega pomena 5 (22%) in 5 (22%) objektov leži tako na območjih naravnih vrednot, kot na ekološko pomembnih območjih (slika 14). Pri analizi objektov po velikosti lahko ugotovimo, da od 42 velikih pregrad 35 (81%) leži na območjih posebnega naravovarstvenega pomena; od tega je 23 hidroenergetskih objektov in 12 vodnogospodarskih objektov (slika 15).



Slika 14: porazdelitev hidroenergetskih in vodnogospodarskih pregrad na naravovarstvenih območjih



Slika 15: Velike pregrade na naravovarstvenih območjih

V zaključku analize lahko ugotovimo, da glede na dejstvo, da se večina pregrad in zadrževalnikov nahaja v območjih varovanja narave, vendarle ne gre za skrajno degradirani prostor in torej gradnja pregrad na dolg rok ne pomeni tako drastičnega posega v prostor, da se mu narava ne bi prilagodila kakor trdijo nasprotniki gradnje pregrad v javnosti radi izpostavljajo. Še več, v večini primerov so bile šele z izgradnjo zadrževalnikov vzpostavljeni pogoji, ki so omogočali naselitev ogroženih vrst, na podlagi katerih je bilo območje zadrževalnikov uvrščeno na sezname posebnega naravovarstvenega pomena (Kočevska reka, Prigorica, Ptujsko jezero ipd.). Če pa na objekte pogledamo še skozi prizmo klimatskih sprememb bodo ti objekti v prihodnje igrali pomembno vlogo tudi pri ohranjanju narave in biotske raznovrstnosti.

5 ZAKLJUČKI

Hidroelektrarne so s svojimi pregradami z akumulacijami in zaježitvami v Sloveniji precej podvrženi negativni publiciteti z izpostavljanjem vplivov na naravo in okolje. Res je, hidroelektrarne imajo določene vplive na naravo, res je, spreminja okolje in prostor, kjer se umeščajo. Ampak je pa tudi vprašanje ali je ta vpliv tako večji od ostalih objektov, ki se jih umešča v prostor.

Zavedati se moramo, da vsaka poseg, vsako človeško dejanje, vsaka posledica našega delovanja ima vpliv na naravo – eni večji, drugi manjši (tudi košnja trave na domačem vrtu je vpliv na naravo, saj bi bila narava tam drugačna kot če jo kosimo). Prav tako pa imajo določeni ukrepi lahko več posledic, le te pa so lahko negativne ali pozitivne – ki se jih opredeljuje predvsem po meri človeka.

Hidroelektrarne s svojimi akumulacijskimi jezeri oz. zadrževalniki (v Sloveniji so to dejansko pretočne akumulacije) imajo svoj vpliv in je tudi pravilno, da se jih v postopku prostorskega načrtovanja preverijo in določijo morebitni omilitveni ukrepi. Vendar pa je pri tem pomembno, da se izpostavljajo tudi pozitivni učinki ukrepa poleg same proizvodnje električne energije iz obnovljivega vira energije. Tako so v prispevku prikazani predvsem pozitivni vplivi hidroelektrarn s svojimi akumulacijami oz. vplivi zadrževanja voda. Tako imajo ti objekti pozitiven vpliv tako na količinsko zadrževanje vode v Sloveniji, bogatenje podtalnice in preprečevanja nižanja gladin podzemne vode, zagotavljanje vode za potrebe namakanja, blaženje podnebnim spremembam tako iz temperaturnega (tako zraka kot vode) kot tudi količinskega vidika. Vse to pa vpliva tudi na ohranjanje ali pa na novo vzpostavljanje novih habitatov in habitatnih tipov, kar je opazno pri okoljih, kjer so se taki projekti že izvedli v preteklosti. Tako večina hidroelektrarn s svojimi akumulacijami v Sloveniji omogoča vzpostavitev takega stanja razvoja habitatov rastlinskih in živalskih vrst, da je prepoznana njihova vrednost do te mere, da so ta območja sedaj vključena v NATURO 2000, Naravovarstvena območja in Ekološko pomembna območja, kot območja z najvišjo naravovarstveno vrednostjo.

Predstavljeni primeri kažejo na to, da pregrade in zadrževalniki niso tak tujek v okolju za kakršnega so najpogosteje predstavljene. S tem ne želimo zanikati, da z gradnjo hidroelektrarn ne posegamo v okolje, želimo le izpostaviti, dejstvo, da je narava živa in prilagodljiva ter ob enem dejstvo, da so rezultati ob konstruktivnem delovanju boljši, čas v katerem okolje ponovno vrne v naravni tek pa krajši. V tem pa je potrebno v zakup vzeti tudi dejstvo, da se narava spreminja tudi zaradi podnebnih sprememb in z zagotavljanjem dovolj velike vodnatosti okolja omogočamo tudi obstoj določenih rastlinskih in živalskih vrst.

6 REFERENCE

- [1] KRYŽANOWSKI A., HORVAT A., BRILLY M.: Možnosti izkoriščanja energetskega potenciala v Sloveniji, Mišičevi vodarski dnevi 2008;
- [2] HUMAR N., ŠIMIC J., KRYŽANOWSKI A.: Pregrade – dodatna vrednost v prostoru, Mišičevi vodarski dnevi 2019;
- [3] ŠIMIC J., HUMAR N.: Climate changes case – the influence of hydropower accumulations on the Sava river on temperature changes, MACOLD 2020;
- [4] ŠIRCA A.: Akumulacije blažijo posledice podnebnih sprememb; časopis Delo, 5.3.2020;
- [5] Zaključki posveta »Slovenija prihodnosti v luči podnebnih sprememb – je zadrževanje vode nuja ali možnost v procesu prilagajanja podnebnim spremembam«, ki je dne 31.1.2010 potekal v Državnem svetu RS
- [6] Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021, Vlada RS, oktober 2016;
- [7] Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji – poročilo o monitoringu v letu 2017; ARSO, Ministrstvo za okolje in prostor, 2019;
- [8] R. Cvejić, M. Pintar, M. Podboj; Priročnik za načrtovanje namakanja; Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2016;
- [9] I. Mikluž; Proizvodnja in ekonomski učinki uvedbe namakanja na 6315 HE zemljišč Dravsko – Ptujkega polja; Mišičev vodarski dan 1992)

Rekonstrukcija HE Formin in jezua Markovci

Aleš Kirbiš¹

¹ Dravske elektrarne Maribor, Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek:

Aleš Kirbiš

Institucija/podjetje:

Dravske elektrarne Maribor

E-pošta:

ales.kirbis@dem.si

Ključne besede: rekonstrukcija, povečanje proizvodnje, tveganja, ekonomika,

1 UVOD

Čista in okolju prijazna energija DEM predstavlja skoraj četrtino v Sloveniji proizvedene električne energije.

Vloga elektrarn na Dravi ni samo proizvodnja cenene električne energije za potrošnike, temveč je pomembna v obratovanju in funkcioniranju elektroenergetskega sistema Slovenije kot celote. V jezerih vseh elektrarn je akumuliranih 84 milijonov m³ vode, od tega je 13,9 milijonov m³ izkoristljivih, ti pa predstavljajo 2,6 milijona kWh. Glede na to, da je vloga elektrarn na Dravi za elektroenergetski sistem Slovenije pomembna tako iz tehnično - energetskega vidika, kot tudi iz vidika proizvodne cene električne energije, so Dravske elektrarne stalno skrbne za visoko razpoložljivost proizvodnih naprav. Tako razpoložljivost je bilo mogoče zagotavljati s skrbnim vzdrževanjem postrojev in objektov v času njihove življenjske dobe. Življenjska doba objektov, predvsem pa postrojev in naprav, pa je omejena. Zavedajoč se potrebe po optimalni obratovalni sposobnosti vseh objektov in upoštevajoč dotrajanost predvsem opremskega dela HE, Dravske elektrarne že vse od 90 let prejšnjega stoletja s tako imenovanimi rekonstrukcijami nenehno skrbijo, da hidroelektrarne varne, polno zmogljive in da je vgrajena oprema z dognanji zadnje tehnike.

Edina še ne rekonstruirana HE na slovenskem delu reke Drave je HE Formin s svojo jezovno pregrado v Markovcih. HE Formin je druga HE kanalskega tipa na reki Dravi in se nahaja dolvodno od HE Zlatoličje. Zgrajena je bila leta 1978, izkorišča 29 m padca med Ptujem in mejo s Hrvaško. Skupna moč HE Formin znaša 116 MW in je vključena v slovensko elektro energetska omrežje preko 110 kV stikališča ob elektrarni, ki je povezano z RTP Cirkovce 110/400 kV.

2 REKONSTRUKCIJA HE FORMIN IN JEZU MARKOVCI

Ker HE Formin obratuje že od leta 1978, njena agregata pa v povprečju obratujeta cca 6.000 ur na leto, kar skupno predstavlja že več kot 250.000 obratovalnih ur, je nastopil skrajni čas za rekonstrukcijo HE Formin, s katero bo izvedena:

- celovita prenova objekta po izteku življenjske dobe primarne opreme, ki vključuje turbinsko, generatorsko in

transformatorsko opremo. Pri načrtovanju rekonstrukcije se bo upošteval tudi pretok, gorvodnih objektov HE in ohranitev obratovalnih principov verige HE (pretočna akumulacija),

- celovita obnova pomožnih sistemov in sistemov upravljanja in vodenja objekta.
- obnova dovodnega kanala zaradi izboljšanja hidravličnih razmer in zagotavljanj izkoriščanja razpoložljivega volumna Ptujskega jezera in zagotavljanja varnega obratovanja.

Z rekonstrukcijo bodo doseženi tudi naslednji cilji:

- izboljšanje energetske učinkovitosti,
- boljša izkoriščenost obnovljivega in cenovno ugodnega vira energije,
- zmanjšanje vplivov na okolje pri izkoriščanju vode z vgrajeno nove sodobno opremo,
- zagotavljanje zanesljive in nemotene proizvodnje električne energije z zagotavljanjem, razpoložljivosti naprav in opreme,
- zagotovljena zanesljivost obratovanja z maksimalnim izkoriščanjem danega vodnega potenciala in
- optimiziranje izkoriščanja naravnih danosti reke Drave in njenih pritokov.

2.1 Izbira variante

V času iskanja optimalne rešitve so bili preigrani različni scenariji izvedbe rekonstrukcije kot so:

Preglednica 1: pregled variant rekonstrukcije HE Formin in jezu Markovci

Variantna	Moč [MW]	Q_i [m³/s]	Proizvodnja [GWh/leto]	Bistvene razlike med variantami
VAR I	121,5	500	575,5	- oprema: se delno ali v celoti obnovi, - DK: sanacija 1/5 brežin z rezkanjem obloge in popraviom razpok ter vgradnjo mastiksa preko popravljene in obstoječe obloge na 4/5 površine v območju nihanja, - OK: nujno investicijsko vzdrževanje v območju nihanja
VAR IIIa	129	540	578,3	- oprema: se v celoti zamenja, - DK: sanacija 1/5 brežin z rezkanjem obloge in popraviom razpok ter vgradnjo mastiksa preko popravljene in obstoječe obloge na 4/5 površine v območju nihanja, - OK: nujno investicijsko vzdrževanje v območju nihanja
VAR IIIb	131,8	540	584,47	- oprema: se v celoti zamenja, - DK: generalna obnova z asfaltom, - OK: nujno investicijsko vzdrževanje v območju nihanja
VAR IIIc	133,6	540	586,6	- oprema: se v celoti zamenja, - DK: generalna obnova z geokompozitom, - OK: nujno investicijsko vzdrževanje v območju nihanja
VAR III	139,2	540	596,36	- oprema: se v celoti zamenja, - DK: generalna obnova z geokompozitom, - OK: poglobitev in razširitev

Na osnovi obdelave tehnike, proizvodnje in stroškovnega ovrednotenja, se je izdelala ekonomska analiza, izračun upravičenosti in DEXi analiza na osnovi katerih je bilo sprejeto, da se rekonstrukcija izvede v obsegu, kot ga je predvidevala varianta IIIc in sicer:

- zamenjava generatorjev,
- zamenjava turbin s povečanim pretokom in novo turbinsko opremo,

- delna sanacija in prenova SN opreme,
- zamenjava energetskih TR,
- dobava nove NN opreme, opreme vodenje in zaščita,
- zamenjava celotne hidromehanske opreme in opreme hlajenja ter drenaže,
- generalna obnova dovodnega kanala z geokompozitom,
- dodatna izgradnja plavajočo zaveso na vtoku v dovodni kanal HE Formin in
- sanacija odvodnega kanala v dolžini cca 1km v območju plimovanja.

3 ZAKLJUČEK

Z rekonstrukcijo HE Formin in jezu Markovci se bo predvidena inštalirana moč objekta povečala iz zdajšnjih 116 MW na dobrih 130 MW (dobrih 12% več kot pred rekonstrukcijo), letna proizvodnja električne energije pa se bo povečala iz 548 MWh na dobrih 588 MWh (dobrih 7% več kot pred rekonstrukcijo).

Osnovna investicijska vrednost je na osnovi projektante ocene ocenjena na slabih 150 mio EUR brez davka na dodano vrednost. Investicija bo v življenjski dobi ob upoštevanih vseh ekonomskih vidikov ustvarila cca 20% donosnost, kar glede na Uredbo o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ, predstavlja 5 x večjo donosnost od zahtevane.

4 REFERENCE

- [1] Idejni projekt – Rekonstrukcija HE Formin, št. projekta IBFO-A301/197; Maribor, junij 2022
- [2] Investicijski program – Rekonstrukcija HE Formin in jezu Markovci, HIFO-7777-2020, Maribor, september 2023

Priključitev JEK2 z močjo do 2400 MW na elektroenergetski sistem Slovenije

Aleksandar Momirovski^{1,*}, Igor Podbelšek¹, Jurij Kurnik², Robert Bergant²

¹ Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenija

² GEN energija, Krško, Slovenija

*Kontaktna oseba:

Aleksandar Momirovski

Elektroinštitut Milan Vidmar

E-pošta: aleksandar.momirovski@eimv.si

Povzetek: Prispevek obravnava možnosti priključitve različnih enojnih in dvojnih konfiguracij nove jedrske elektrarne v Krškem (JEK2) z razponom skupne pragovne električne moči od 1.000 do 2.400 MW. Predstavljena bodo ključna obratovalna stanja elektroenergetskega sistema (EES) ob upoštevanju trenutnih dolgoročnih energetskih napovedi in aktualnih regulatornih okvirjev obratovanja EES. Stacionarne analize obravnavajo stanja EES z JEK2 in brez njega, ovrednotijo vpliv JEK2 na omrežje ter identificirajo potrebe po nadgradnji sistemskih prenosnih poti. Vpliv JEK2 je preverjen tudi s kratkostičnimi in dinamičnimi analizami EES. Prispevek bo zajel povzetek analize prihodnjih potreb in mehanizmov za zagotovitev rezerve za povrnitev frekvence. Analizirane so prerazporeditve proizvodnje v regulacijskem območju Slovenije in Hrvaške po vključitvi JEK2. Nazadnje bodo prikazane ekonomske ocene investicij v prenosno omrežje in rezervo za povrnitev frekvence. Predstavitev bomo zaključili s ključnimi ugotovitvami in predlogi nadaljnjega dela, ki so nujni za zanesljivo priključitev JEK2 v EES in uspešno izvedbo projekta

Ključne besede: jedrska elektrarna, elektroenergetski sistem, sigurnost, stabilnost

1 UVOD

Slovenija se odloča o smeri prihodnjega razvoja elektroenergetike. Za zanesljivo in kakovostno oskrbo z električno energijo ter sigurno in stabilno obratovanje elektroenergetskega sistema (EES) so nujna vlaganja v EES na proizvodni, prenosni in distribucijski ravni. Eden najbolj zanesljivih in okolju prijaznih virov električne energije, brez katerega bo ambicija za elektroenergetsko samozadostnost EES RS v naslednjih 20 letih postala vprašljiva, je novi jedrski blok JEK2. V sklopu pridobivanja energetskega dovoljenja za JEK2 je bila konec leta 2020 izdelana *Revizija študije vključitve JEK2 v elektroenergetski sistem Slovenije*. Ta je analizirala priklop JEK2 z močjo okoli 1.100 MW_e ter podala okvirno oceno maksimalne moči JEK2, ki bi ga lahko priključili na elektroenergetski sistem (EES). Sredi 2023 pa je prišlo na projektu JEK2 do odločitve, da se razširi nabor potencialnih reaktorjev za JEK2 in hkrati razširi tudi razpon moči JEK2 do 2.400 MW_e. Okoliščine in napovedi razmer v elektroenergetskem sistemu so se od leta 2020 precej spremenile. Zato je bilo treba izdelati celovito novo študijo o priključitvi JEK2 do 2.400 MW na EES Slovenije [1],[2], ki zajema postavitve energetskih in regulatornih izhodišč za nadaljnje stacionarne in dinamične analize, analize obsega rezerve za povrnitev frekvence (RPF), prerazporeditev proizvodnje ter oceno investicij v omrežje in RPF v letu 2040 s pogledom na leto 2050, z oziroma brez JEK2.

Obravnavane so naslednje konfiguracije JEK2 z nazivnimi pragovnimi električnimi močmi: 0 MW_e (EES brez JEK2), 1 × 1.000 MW_e, 1 × 1.100 MW_e, 1 × 1.200 MW_e, 1 × 1.300 MW_e, 1 × 1.650 MW_e, 2 × 1.000 MW_e, 2 × 1.100 MW_e ter 2 × 1.200 MW_e.

2 ENERGETSKA IZHODIŠČA

Za analizo možnosti vključitve nove jedrske elektrarne JEK2 v EES Slovenije smo uporabili najnovejša energetska izhodišča, ki jih najdemo v [1],[2]. Skladno s ključnimi energetskimi izhodišči je bilo s strani vseh deležnikov določeno, da:

- je v vseh obravnavanih stanjih obratujoča NEK s 703 MW električne pragovne moči;
- TEŠ 5 in TEŠ 6 nista več v EES Slovenije;
- je v EES Slovenije približno 7 GW inštalirane moči SE;
- v EES Slovenije obratuje ČHE Kozjak s skupno inštalirano močjo 400 MW.

Za izbiro in postavitev pravilnih obratovalnih stanj v simulacijskem modelu EES Slovenije in sosednjih držav članic ENTSO-E je torej treba najprej pogledati trende in napovedi razmer EES. Ciljno leto obravnave je 2040 s pogledom tudi na leto 2050.

Stanja EES za izvedbo nadaljnjih analiz so podrobneje določena v [1],[2]. Na podlagi tržnih analiz za leto 2040, ki temeljijo na ENTSO TYNDP 2022 NT scenariju, je bilo identificiranih 12 ključnih stanj, ki smo jih dodatno prilagodili najnovejšim zgoraj navedenim virom. Vsako je vezano na določeno uro v letu in karakterizirano z različno proizvodnjo in porabo iz različnih virov. Stacionarne in dinamične analize Dinamične analize so bile narejene v programu DIgSILENT PowerFactory 2024 SP1.

3 STACIONARNE ANALIZE

Na podlagi stacionarnih analiz smo ugotovili, da JEK2 ne povzroča preobremenitev na 400-kV in 220-kV napetostnem nivoju, če je JEK2 v enojni konfiguraciji in v EES ni izpadov kakršnihkoli elementov. Lokalna 110-kV omrežja se v obravnavanih stanjih EES soočajo s težavami že brez JEK2, posebej ob izraziti proizvodnji SE z inštalirano močjo 7 GW. Vpliv JEK2 na 110 kV omrežje je v okviru te študije zanemarljiv v primerjavi z vplivom drugih dejavnikov, kot sta povečanje OVE in odjema. Po vključitvi JEK2 se obremenitve najbolj povečajo na 400-kV povezavi Krško–Tumbri, relativno glede na stanja EES brez JEK2, vendar so v N stanju še vedno znotraj tolerančnih meja fizične prenosne zmogljivosti trase. Konfiguracije JEK2 z močjo 1.000–1.300 MW v določenih stanjih EES lahko pozitivno (omilitveno) vplivajo na obremenitve prenosnih poti tako, da razbremenjujejo omrežje na koridorju Krško–Cirkovce–Maribor–Kainachtal. Vzrok za nadgradnjo oz. posodobitev 400-kV in 220-kV omrežja ni samo JEK2. Vzroki za nadgradnjo so tudi povečanje tranzitov in odjema električne energije ter povečanje proizvodnje OVE. Glede na vse ugotovitve stacionarnih analiz z izbranim naborom vhodnih podatkov in modelom je izbira JEK2 v enojni konfiguraciji bolj primerna. V primeru izgradnje JEK2 je treba primarno opremo na 400-kV zbiralkah RTP Krško posodobiti vsaj na 50 kA razred, kar pomeni prenovo celotnega stikališča.

4 DINAMIČNE ANALIZE

Evropski elektroenergetski sistem dobro prenese nenadne izklope vseh konfiguracij JEK2. Odziv NEK je pri vseh izklopih stabilen (Slika 2). JEK2 se na izklop NEK v vseh konfiguracijah odzove stabilno in predvidljivo. JEK2 v vseh konfiguracijah izkazuje dobro tranzientno stabilnost z zadostno dolgimi kritičnimi izklopnimi časi ($>>150$ ms), ki puščajo dovolj manevrskega prostora za nastavljanje zaščite. Vsi prehodni pojavi so ustrezno dušeni. Dinamične analize, ki so bile izvedene s pomočjo trenutno razpoložljivih podatkov, niso izpostavile ali nakazale na potencialno kritične razmere v EES zaradi priklopa JEK2 tudi pri največjih močeh JEK2 do 2×1.200 MW. Poudariti moramo, da je bilo s stališča stabilnosti EES in samega bloka JEK2 konfiguracija JEK2 1×1.000 MW najbolj ugodna. Dinamika in stabilnost EES v letu 2040 ne bo odvisna samo od JEK2, ampak predvsem od razvoja preostalega EES: zmanjšanje vztrajnosti sistema, kratkostične moči, povečanje integracije močnostne polprevodniške elektronike ipd.

5 ANALIZA REZERVE ZA POVRNITEV FREKVENCE

Kljub velikemu vplivu OVE (SE, VE) bo JEK2 izhodišče za določitev potrebnih sistemskih rezerv za povrnitev frekvence. Velikost ene posamezne enote JEK2 določa obseg RPF, ki ga mora regulacijsko območje Slovenije zagotoviti. Izzivi pokrivanja RPF (in posledično rRPF) se povečujejo z velikostjo posamezne enote JEK2. Izgradnja novih namenskih virov rRPF je nujna. Poleg navedenih virov prožnosti ocenjujemo, da regulacijsko

območje Slovenije potrebuje od približno 343 MW dodatnih¹ virov rRPF v primeru JEK2 1×1.000 MW ali 2×1.000 MW do približno 993 MW dodatnih virov rRPF v primeru JEK2 1×1.650 MW. Razpon novih virov rRPF je močno odvisen od dolgoročnih tržnih razmer in spodbud na izravnalnem trgu EES. Analiza rezerve za povrnitev frekvence je pokazala, da so manjše moči JEK2 (do 1.300 MW) za regulacijsko območje Slovenije bolj ugodne.

6 VPLIV JEK2 NA INVESTICIJE IN POSLOVNE PRILOŽNOSTI V EES

Med vsemi obravnavanimi konfiguracijami EES z JEK2 se iz naslova potrebnih posodobitev omrežja kot najugodnejši izkažeta konfiguraciji z JEK2 moči $1 \times 1.000/1.100/1.200$ MW ter JEK2 moči 1×1.300 MW, pri katerih se ocena investicij giblje med 461 in 562 mio EUR oz. med 544 in 716 mio EUR. V primeru JEK2 moči 1×1.650 MW ali $2 \times 1.000/1.100/1.200$ MW pa ocenjujemo, da bi bilo potrebnih precej več infrastrukturnih ukrepov za ustrezno povečanje prenosnih zmogljivosti, in sicer v razponu med 718 in 982 mio EUR oz. med 750 in 1.042 mio EUR.

Investicijska ocena v nove vire rRPF pa se z velikostjo posameznega bloka JEK2 povečuje in sicer od 272 mio EUR za JEK2 moči 1×1.000 MW ali 2×1.000 MW, do 597 mio EUR za JEK2 moči 1×1.650 MW.

Ocena razpona zakupa rRPF je največja v primeru JEK2 1×1.650 MW in sicer znaša

48–157 mio EUR/leto. Ocena razpona zakupa rRPF pa je najmanjša v primeru JEK2 1×1.000 MW ali 2×1.000 MW in znaša 28–92 mio EUR/leto. Zneski se pokrivajo iz omrežnine za uporabo elektroenergetskega Sistema.

7 ZAKLJUČKI

S stališča sigurnega in stabilnega obratovanja EES so analizirane možnosti priključitve JEK2 do 2.400 MW na EES v letu 2040, s pogledom na leto 2050. Referat izpostavlja ključne rezultate stacionarnih in dinamičnih analiz, analize obsega rezerve za povrnitev frekvence (RPF) ter oceno investicij v omrežje in RPF z JEK2 oziroma brez njega. S tega stališča izpostavljam 2 zaključni usmeritvi:

- Optimalna velikost JEK2 je do 1.300 MW neto električne moči na pragu elektrarne.
- Novi viri sistemskih storitev izravnave, predvsem viri rRPF, so nujni.

Predlogi nadaljnega dela zajamejo obratovanje JEK2 v različnih tržnih okoliščinah, raziskave umeščanja novih objektov v prostor ter analize kratkoročne in dolgoročne dinamike in stabilnosti EES. V prihodnosti je treba posebno pozornost nameniti vsem tematikam, ki so podrobno izpostavljeni v študiji [1],[2].

8 REFERENCE

[1] A. Momirovski in et al., „Študija priključitve JEK2“, JEK2. Pridobljeno: 30. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://jek2.si/studija-prikljucitve-jek2/>

[2] A. Momirovski *idr.*, „Študija priključitve JEK2 z močjo do 2.400 MWe na elektroenergetski sistem Slovenije: študija št. 2653“, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2024. Pridobljeno: 20. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/202277635>

¹ To so viri, ki še niso bili upoštevani v razvojnih načrtih elektroenergetskega sistema Slovenije

Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza projekta JEK2

Jan Lokar^{1,*}, Monika Žmavc¹, Kaja Naglič¹, dr. Tomaž Žagar¹ in mag. Kruno Abramovič¹

¹ GEN energija d.o.o., Krško, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jan Lokar

GEN energija d.o.o.

E-pošta: jan.lokar@gen-energija.si

Ključne besede: JEK2, Ekonomska upravičenost investicije

1 UVOD

Projekt izgradnje nove jedrske elektrarne v Krškem (JEK2) je osrednji strateški razvojni projekt Skupine GEN. JEK2 skupaj z obnovljivimi viri energije predstavlja temelj za uresničevanje ciljev podnebne nevtralnosti in razogljičenja slovenskega sistema proizvodnje električne energije.

Na podlagi trenutno znanih in javno razpoložljivih informacij ter strokovnega dialoga z dobavitelji je bil izdelan ekonomski model za eno enoto jedrske elektrarne, ki je z vidika financiranja najbolj realno izvedljiva, prav tako pa predstavlja najmanjše ekonomsko tveganje. Predlagana moč ene enote je bila določena kot razpon moči od 1.000 do 1.650 MWe in zajema različne potencialne dobavitelje, s čimer je zagotovljena tudi konkurenčnost na trgu, ki je pri tovrstnih investicijah zelo pomembna. Uporabljen ekonomski model obravnava celotni življenjski cikel projekta JEK2, kar vključuje tako gradnjo in obratovanje jedrske elektrarne kot tudi celovito ravnanje z nastalimi radioaktivnimi odpadki in razgradnjo jedrske elektrarne po koncu njenega obratovanja.

2 INVESTICIJSKA VREDNOST PROJEKTA JEK2

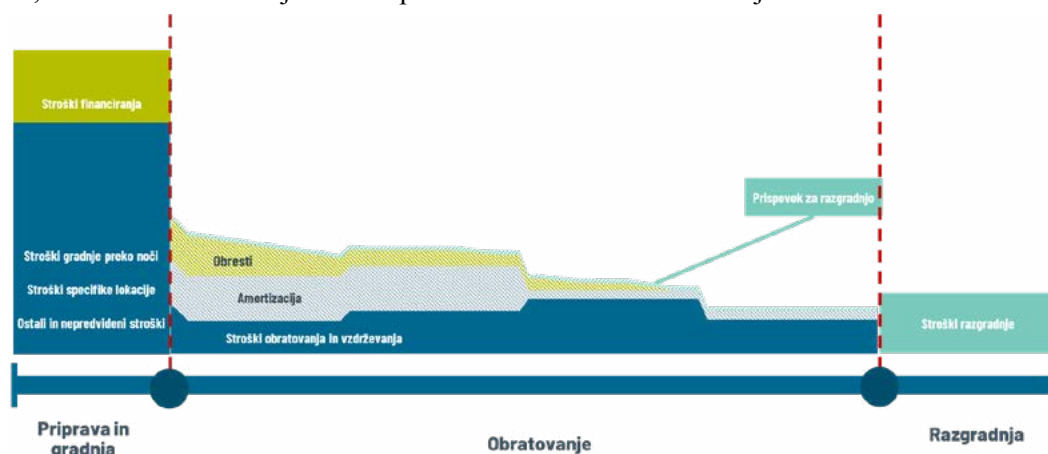
V ekonomski analizi je bila narejena ocena investicijske vrednosti projekta JEK2 za razpon moči 1.000 – 1.650 MWe. Kot referenčni primer je podana investicijska vrednost za zaokroženo povprečje moči, ki znaša 1.250 MWe. Specifična investicijska vrednost projekta JEK2 znaša:

- Stroški gradnje preko noči standardne elektrarne 7.515 EUR₂₀₂₄/kW
- Stroški specifikacije lokacije 954 EUR₂₀₂₄/kW
- Ostali in nepredvideni stroški 845 EUR₂₀₂₄/kW

Torej znašajo investicijski stroški projekta JEK2 brez stroškov financiranja za primer referenčne enote moči 1.250 MWe 9.314 EUR₂₀₂₄/kW. Če te specifične stroške investicije preslikamo na interval moči 1.000 – 1.650 MWe, potem znaša investicija od 9,3 do 15,4 mrd. EUR₂₀₂₄. Pri tem velja izpostaviti, da so določeni investicijski stroški fiksni, neodvisni od moči, drugi pa so variabilni, torej neposredno odvisni od moči, kar smo v sami ekonomski analizi ustrezno upoštevali.

3 CENA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ JEK2

Povprečna stroškovna cena električne energije iz JEK2 ob predpostavljani obratovalni dobi 80 let znaša 42-47 EUR₂₀₂₄/MWh za razpon moči 1.000 – 1.650 MWe. Stroškovna cena zajema stroške jedrskega goriva, materiala, investicijskega in rednega vzdrževanja, zavarovanja, storitev, stroške dela, prispevke za razgradnjo in odlaganje odpadkov, nadomestilo za omejeno rabo prostora ter stroške amortizacije.



Slika 1: Ekonomska analiza projekta JEK2 skozi celoten cikel projekta

4 ANALIZA EKONOMSKE UPRAVIČENOSTI INVESTICIJE PROJEKTA JEK2

Finančni model projekta JEK2 še ni določen. Vloga države pri tako velikem strateškem projektu je ključna za zagotavljanje konkurenčnih virov financiranja. Za namen okvirne ekonomske analize referenčnega scenarija 1.2500 MWe, smo predpostavili, da bo 20-30 % investicije financirane v obliki lastniških sredstev, 70-80 % investicije pa v obliki dolžniških sredstev (kredit, obveznice).

Ekonomska analiza je bila izdelana v stalnih cenah. Ob upoštevanju prodajne cene električne energije na ravni 75 EUR/MWh, ki najpomembneje vpliva na izračun neto sedanje vrednosti kot kazalnika upravičenosti investicije, je bilo ugotovljeno, da je investicija ekonomsko upravičena za celoten razpon moči. Slednje je potrdila tudi notranja stopnja donosa, ki je presegla izračunano diskontno stopnjo.

Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza jasno pokaže, da največji del investicijske vrednosti projekta predstavljajo osnovna sredstva, medtem ko so stroški financiranja jedrske elektrarne odvisni predvsem od zahtevanih donosov na vloženi kapital in od obrestnih mer dolžniških sredstev. Zaradi zelo dolge dobe obratovanja so zelo pomembni tudi obratovalni stroški, vključujoč investicije za podaljšanje življenjske dobe elektrarne s 60 na 80 let in vplačila v sklad za namen odlaganja odpadkov in razgradnje elektrarne.

5 NADALJNJE AKTIVNOSTI

V teku je neodvisni pregled vhodnih podatkov preliminarne ekonomske analize projekta JEK2. Neodvisni pregled bo zaključen v mesecu oktobru 2024. Po neodvisnem pregledu bo pripravljena nova revizija Okvirne predinvesticijske ekonomske analize projekta JEK2.

6 REFERENCE

[1] GEN, Okvirna predinvesticijska ekonomska analiza projekta JEK2, 2024

Ekonomika jedrske novogradnje v Sloveniji: od preozke finančne analize do temeljite ocene družbenih stroškov in koristi ter tveganj

Jonas Sonnenschein, PhD^{1*}

¹ Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

E-pošta: jonas@umanotera.org

Ključne besede: jedrska energija, okoljska ekonomija, analiza tveganj, oportunitetni stroški, vedenjska ekonomija

1 UVOD

Obstoječe ekonomske analize novih jedrskih elektrarn se običajno osredotočajo na ozke finančne vidike, kar je problematično, saj pogosto ne upoštevajo okoljskih eksternalij in družbenih stroškov, ne vključujejo predpostavke omejene ekonomske racionalnosti (angl. »bounded rationality«) odločevalcev in vpliva razmerij moči na ekonomska pogajanja. Poleg tega analiza ekonomskih tveganj pogosto ne vključuje temeljite analize občutljivosti rezultatov glede na spremembe ključnih predpostavk. V tem prispevku je JEK2 uporabljen kot primer, ki ilustrira, kako lahko različna področja ekonomske vede prispevajo k analizi jedrske novogradnje, da bi dobili bolj zanesljivo ekonomsko oceno.

2 PREPROSTA FINANČNA ANALIZA

Finančna analiza novogradnje jedrske elektrarne poteka s perspektive investitorja in se pogosto osredotoča na strošek gradnje čez noč (angl. »Overnight capital cost«, OCC) – tj. strošek investicije, ki ignorira stroške financiranja [1]. GEN ocenjuje, da je OCC za JEK2 pred inflacijo 9314 EUR/kW, ali slabih 10 milijard EUR za najmanjši reaktor, ki pride v poštev [2]. Drugi pomembni finančni kazalnik je strošek proizvodnje električne energije na MWh, ki poleg obresti in amortizacije investicije vključuje tudi operativne stroške (plače, gorivo, material in storitve, vzdrževanje, zavarovanje ter razne prispevke, npr. za sklad za razgradnjo in odlaganje radioaktivnih odpadkov). GEN ocenjuje, da je strošek proizvodnje električne energije za JEK2 od 45 EUR/ MWh (brez stroškov financiranja) do 99 EUR/ MWh (predpostavlja 4-odstotno obrestno mero kot strošek financiranja) [2].

3 MAKROEKONOMSKI VIDIK IN EKSTERNALIJE

Ekonomska analiza (za razliko od finančne) upošteva perspektivo širše družbe in ne samo investitorja. Ekonomska analiza se pogosto imenuje analiza stroškov in koristi (angl. »cost benefit analysis«, CBA). Za CBA o JEK2 je treba finančno analizo nekoliko dodelati, vključno z upoštevanjem pozitivnih in negativnih eksternalij kot so emisije toplogrednih plinov, onesnaževanje zraka, radioaktivne emisije, odpadki, jedrske nesreče ter varnost in zanesljivost oskrbe [3]. CBA o JEK2 sicer še ni bila narejena – edina makroekonomska študija o JEK2 je daleč od upoštevanja družbenega vidika [4]. Glede na to, da analize ni, lahko pogledamo kaj bi CBA prinesla. CBA eksternalije, kot so emisije CO₂ in onesnaževanje zraka, primerja z alternativnim scenarijem in ne z obstoječim

stanjem, pri čemer imajo zgodnejši učinki (npr. zmanjšanje emisij s hitrim povečanjem OVE) zaradi diskontiranja večjo vrednost kot poznejši učinki (npr. zmanjšanje emisij zaradi JEK2 od leta 2040 dalje). Nekatere eksternalije so lahko že delno zajete v finančni analizi. Primer so plačila v sklade za razgradnjo in skladiščenje jedrskih odpadkov, ki so bila v več državah – tudi v Sloveniji – prenizka, da bi pokrila dejanske stroške. Nenazadnje je pomembna pomanjkljivost finančnih analiz tudi ne vključevanje zavarovanja za škodo ob jedrskih nesrečah. Tudi v Sloveniji so jedrski objekti izvzeti iz obveznosti zavarovanja odgovornosti [5]. Vsi trije primeri kažejo na to, da bi upoštevanje vseh eksternalij povečalo ekonomske stroške projekta JEK2.

4 ANALIZA EKONOMSKIH TVEGANJ

Zaradi dolgega pripravljalnega obdobja in specifičnosti jedrskih elektrarn so finančne in ekonomske napovedi gradenj JE nagnjene k napakam. Tako mora biti analiza tveganj pomemben del tako finančne kot ekonomske analize [6]. V primeru JEK2 je javno dostopnih le malo elementov analize ekonomskih tveganj. V času pisanja tega prispevka (septembra 2024) ni niti načrta za celovito analizo občutljivosti ekonomike JEK2, kaj šele za večfaktorsko simulacijo ekonomskih tveganj. GEN je pregled izbranih predpostavk finančne analize naročila svetovalni hiši EY d.o.o., vendar študije še ni, deležniki nimajo osnovnih podatkov.

Doslej razpoložljivi podatki kažejo na izjemno visoko občutljivost ekonomike JEK2 na spremembe ključnih parametrov. GEN poroča, da se strošek proizvodnje električne energije na MWh poveča za 50% (z 66 na 99 EUR), če se stroški financiranja povečajo za dve odstotni točki z 2% na 4% [2]. 50-odstotno povečanje stroškov goriva, od katerih stroški urana predstavljajo 25-30 %, bi po podatkih GEN povečalo ceno električne energije za približno 5 EUR/MWh [7]. Ker je bila razlika med najnižjo in najvišjo ceno urana v zadnjih petih letih približno 300 %, stroški proizvodnje urana pa naj bi se v prihodnje povišali [8], se zdi, da +5 EUR/MWh še ni najvišje povečanje stroškov v realističnem razponu predpostavk. Nadaljnji faktorji, ki lahko znatno povečajo ekonomska tveganja JEK2, so zamude pri gradnji, nizke cene električne energije na trgu, nižji faktor obremenitve ter višji stroški za razgradnjo in skladiščenje odpadkov. Vse faktorje skupaj je treba upoštevati v eni večfaktorski simulaciji ekonomskih tveganj, da bi dobili bolj zanesljivo oceno tveganja.

5 N ETRŽNI EKONOMSKI MEHANIZMI, KI VPLIVAJO NA STROŠKE

Ekonomska tveganja so bila v preteklosti na številnih področjih podcenjena, kar je na koncu privedlo do višjih stroškov investicij. To kaže na omejeno ekonomsko racionalnost številnih ekonomskih odločevalcev, ki nikoli nimajo in ne morejo imeti popolnega znanja in ne optimizirajo dobro svojega dobička (v finančnem svetu) ali družbene blaginje (v makroekonomskem kontekstu). Odstopanja od ideala racionalne odločitve (angl. »rational choice«) se sistematično proučuje na področju vedenjske ekonomije. Različne zmote pri ekonomskih odločitvah so pomembne v kontekstu jedrske energije. Pri zmoti načrtovanja (angl. »planning fallacy«) gre za optimistično iluzijo nadzora nad zapletenimi projekti [9, 10]. Ekonomski podatki iz podobnih prejšnjih projektov se ignorirajo ali napačno interpretirajo kot odstopanja, pri katerih je šlo izjemoma vse narobe. Vendar številne študije kažejo, da je bila krivulja učenja jedrske tehnologije v preteklosti negativna [10 – 12], zato je treba pričakovati vsaj enake ali višje stroške, če se kot merilo uporabijo pretekli projekti.

Druga nevarnost napačne ocene ekonomičnosti jedrske energije izhaja iz učinka sidranja (angl. »anchoring effect«), ki opisuje fenomen, da na ekonomske odločitve močno vplivajo zelo vidne referenčne vrednosti, tudi če so te vprašljive ali očitno napačne. GEN je objavila svoje ocene stroškov na MWh (66 – 99 EUR), ne da bi objavila tudi osnovne predpostavke, intervale zaupanja ali neodvisni pregled [2]. S tem je namenoma ali nenamenoma ustvarila vprašljivo nizko referenčno vrednost, ki usmeri zaznavanje stroškov JEK2 navzdol. Da gre dejansko za pristranskost (angl. »bias«), dokazuje veliko višja ocena stroškov vodilnih energetskih strokovnjakov, ki znaša vsaj 120 – 130 EUR/MWh [13 – 15].

Druge pomembne zmote pri ekonomskem odločanju, ki imajo pomembno vlogo v okviru velike energetske infrastrukture, vključujejo potrditveno pristranskost (»confirmation bias«) – npr. iskanje argumentov za to, da je JEK2 edina rešitev; zmoto potopljenih stroškov (»sunk cost fallacy«) – preteklo vlaganje denarja in truda se zmotno upošteva pri analizi prihodnje ekonomike (glej npr. primer TEŠ-6); zmoto statusa quo (»status quo bias«) – sedanji elektroenergetski sistem je uporabljen kot analitično izhodišče, čeprav se bo v naslednjih desetletjih spremenil; ter različni učinki uokvirjanja (»framing effects«).

Empirične raziskave dejanskega ekonomskega odločanja so pomembne tudi v okviru ekonomskih pogajanj. Ekonomska teorija iger nas uči, kako pomembna je BATNA (angl. »best alternative to negotiated agreement«;

najboljša alternativa doseženemu sporazumu) za ekonomsko uspešen izid pogajanj o naložbah. V kontekstu JEK2 to pomeni, da odsotnost alternativnega scenarija in popolna osredotočenost na JEK2 slabita pogajalski položaj Slovenije in s tem povečujeta stroške.

6 ZAKLJUČKI

Zgolj finančna analiza jedrske novogradnje je lahko zelo zavajajoča, ker ne upošteva makroekonomskih stroškov in koristi ter ekonomskih tveganj. Le s CBA in z večfaktorsko analizo tveganj lahko država kot največji vlagatelj pridobi podatke, ki so zadostni za sprejetje naložbene odločitve. Poleg tega je zelo pomembno preučiti in primerjati alternativne scenarije, saj je le tako mogoče ustrezno upoštevati oportunitetne stroške novogradnje jedrske elektrarne. Ne nazadnje, procesi načrtovanja in odločanja ne bi smeli predpostavljati, da so odločevalci ekonomsko racionalni, temveč bi morali vključevati postopkovne mehanizme, ki zmanjšujejo napake, kot so učinkovit nadzor, maksimalna transparentnost, neodvisna revizija itd.

7 REFERENCE

- [1] SCHNEIDER, M. ET AL.: World Nuclear Industry Status Report 2023, dostopno na: <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2023-v5.pdf>, Paris, 2023.
- [2] GEN ENERGIJA: Ekonomika projekta JEK2, dostopno na: <https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/05/WEB-ekonomika-JEK2-final.pdf>, maj 2024.
- [3] IAEA: Approaches to Cost-Benefit Analysis of New Nuclear Power Projects, dostopno na: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15314-PUB2079_web.pdf, Vienna, 2024
- [4] AHČAN, A. et al.: Analiza učinkov izgradnje in obratovanja JEK2 na slovensko gospodarstvo, Center poslovne odličnosti ekonomske fakultete, Ljubljana, december 2020.
- [5] VLADA RS: Zakon o odgovornosti za jedrsko škodo (ZOJed-1), Uradni list RS, št. 77/10.
- [6] WEALER, B.: Investing into third generation nuclear power plants - Review of recent trends and analysis of future investments using Monte Carlo Simulation, Renewable and Sustainable Energy Reviews 143, dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110836>, 2021.
- [7] GEN ENERGIJA: Ocena finančnih in varnostnih tveganj, povezanih z uvozom jedrskega goriva, dostopno na: https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/09/CC-2024-44-TS-TR-2024-011-Ocena_finančnih_in_varnostnih_tveganj_ki_so_povezana_z_uvozom_jedrskega_goriva.pdf, 2024.
- [8] MIRKHUSANOV, U. ET AL.: Forecasting the cost and volume of uranium mining for different world nuclear energy development scenarios, Nuclear Energy and Technology 10(2), dostopno na: <https://doi.org/10.3897/nucet.10.130485>, 2024.
- [9] FLYVBJERG, B. & SUNSTEIN, C.: The Principle of the Malevolent Hiding Hand; or, the Planning Fallacy Writ Large, Social Research 83(4), dostopno na: <https://ssrn.com/abstract=2654423>, 2015.
- [10] MARKARD, J., ET AL.: Destined for decline? Examining nuclear energy from a technological innovation systems perspective, Energy Research & Social Science 67, dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101512>, 2020.
- [11] GRUBLER, A.: The costs of the French nuclear scale-up: A case of negative learning by doing, Energy Policy 38(9), dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.003>, 2010.
- [12] RUBIN, E. ET AL.: A review of learning rates for electricity supply technologies, Energy Policy 86, dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.011>, 2015.
- [13] DAUGUL, L.: Aleksander Mervar: Električna iz JEK-a 2 zagotovo ne bo poceni, RTV MMC, dostopno na: <https://www.rtvlo.si/gospodarstvo/aleksander-mervar-elektrika-iz-jek-a-2-zagotovo-ne-bo-poceni/702303>, 2024.
- [14] SBC: JEK 2: Zakaj ga potrebujemo in kako bo vplival na našo prihodnost, dostopno na: <https://youtu.be/B2mueOM5w-E?si=19MSoS78-U8-LZn&t=381> (pri 6:21 min), 2024.
- [15] KUS, Z.: Jedrska energija ali zeleni prehod, Delo, dostopno na: <https://www.delo.si/sobotna-priloga/jedrska-energija-ali-zeleni-prehod>, 2024.

PT1 – VIRI IN PRETVORBE ENERGIJE

Moderatorja: Andrej Tumpej in Alojz Poredoš

14.30 - 16.30

Predstavitve prispevkov

- Jan Lokar, Klemen Debelak, Robert Bergant: **Potencial uporabe kogeneracije za JEK2**
- Klemen Debelak, Gregor Srpčič, Jan Lokar: **GEN energija in prihodnost jedrske energije z majhnimi modularnimi reaktorji**
- Mitja Pšaker, Dejan Matvoz, Jernej Lasnik: **Vpliv OVE in BHEE na stabilnost obratovanja EES – sistemski vidik in rešitve**
- Bojan Miličič, David Kešelj, Iztok Špacepan, Matjaž Eberlinc: **Leonardo – platforma za trenutno in kratkoročno napovedovanje proizvodnje električne energije OVE**
- Klemen Rola, Sven Gruber, Danijela Urbancl, Darko Goričanec: **Hibridni SOFC sistem za trajnostno sočasno proizvodnjo toplote in elektrike**
- Luka Lešnik, Matjaž Hriberšek, Timi Gomboc, Luka Kevorkijan, Gorazd Bombek, Julija Volmajer Valh, Ignacijo Biluš: **Termična in katalitična piroliza odpadkov z namenom pridobivanja sekundarnih surovin in energentov**

LINHARTOVA
DVORANA



Potencial uporabe kogeneracije za JEK2

Jan Lokar^{1,*}, Klemen Debelak¹ in dr. Robert Bergant¹

¹ GEN energija d.o.o., Krško, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jan Lokar

GEN energija d.o.o.

E-pošta: jan.lokar@gen-energija.si

Ključne besede: JEK2, kogeneracija, daljinsko ogrevanje, procesna toplota

1 UVOD

Pri proizvodnji električne energije s pomočjo parnih procesov je približno dve tretjini toplotne energije odvedene v okolico. Z namenom povečanja količine koristno porabljene energije lahko uporabimo kogeneracijo, kjer gre za sočasno pridobivanje koristne toplotne in električne energije. Kogeneracijska postrojenja so značilna predvsem za plinske in klasične elektrarne (najdemo pa jo tudi v jedrskih elektrarnah). Koristna toplotna energija iz kogeneracijskih postrojenj se v največji meri uporablja za daljinsko ogrevanje in procesno toploto. Kogeneracija pa ponuja tudi mnoge druge možnosti koristne uporabe toplotne energije (kmetijstvo, daljinsko hlajenje, ...).

2 KOGENERACIJA V JEDRSKIH ELEKTRARNAH

Kljub temu, da je osrednja dejavnost jedrskih elektrarn proizvodnja električne energije, je kar nekaj jedrskih reaktorjev uporabljenih za namen kogeneracije. Toplotna energija iz jedrske elektrarne se v primeru kogeneracijskih postrojenj uporablja za daljinsko ogrevanje, industrijsko procesno toploto in pa razsoljevanje. Reaktorji, ki se uporabljajo za daljinsko ogrevanje se večinoma nahajajo v Vzhodni Evropi in Rusiji. Gre za države, kjer so zime dolge in zelo mrzle. Reaktorji, ki se uporabljajo za razsoljevanje se nahajajo na Japonskem, v Kazahstanu in Združenih državah Amerike, kjer se pojavlja primanjkljaj pitne vode. Reaktorji, ki zagotavljajo procesno toploto so v uporabi v Kanadi, Nemčiji¹, Indiji ter Švici. Danes na svetu obratuje približno 440 jedrskih elektrarn, 76 jih deluje v kogeneracijskem režimu, in sicer:

- Daljinsko ogrevanje 57 jedrskih elektrarn
- Procesna toplota 11 jedrskih elektrarn
- Razsoljevanje 15 jedrskih elektrarn [4].

3 UPORABA KOGENERACIJE ZA JEK2

V preteklosti je bilo izdelanih več študij, kjer so bile ocenjene potrebe po toplotni energiji za ogrevanje Posavja, Novega Mesta ter tudi Ljubljane in Zagreba [1] - [4]. Prav tako je bila ocenjena potreba po procesni toploti v Krškem in potreba po toploti za kmetijske namene in potreba po hladilni energiji [1] - [4].

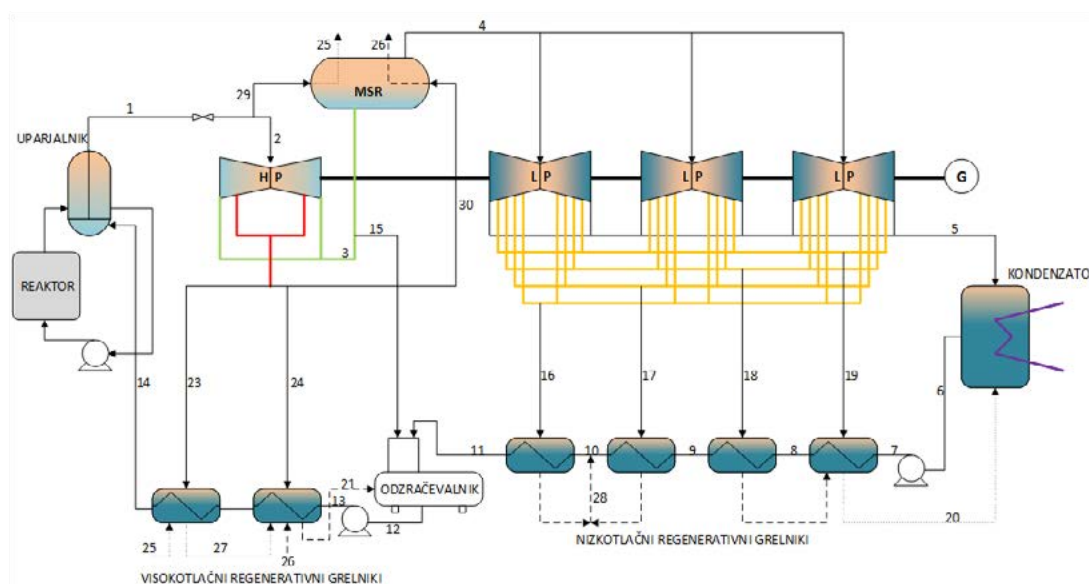
¹ Nemčija je jedrske elektrarne skladno z njihovo energetske politiko že zaprla.

Tabela 1: Potreba po toplotni energiji

Daljinsko ogrevanje	Procesna toplota
• Krško 38 MWt • Brežice 32 MWt • Novo Mesto 125 MWt • Zagreb (center) 485 MWt • Zagreb (center+periferija) 857 MWt • Ljubljana (ob avtocesti) 410 MWt • Ljubljana (Savska pot) 605 MWt	VIPAP Videm Krško d.d. • Para (4,6 bar, 190 °C) 400.000 ton/leto Farmacevtsko podjetje Krka d.d. • Para (4 bar, 143,6 °C) 105.000 ton/leto • Para (12 bar, 188 °C) 132.000 ton/leto Duropack-tespack d.o.o. 6.500 MWh/leto
Kmetijstvo	Hladilna energija
• Krško 0,6 ha • Podbočje 1,1 ha Potrebna toplotna moč: 2,4 MWt	• Krško + Brežice 3-7 MWt (absorpcijsko hlajenje)

3.1 Viri toplote za kogeneracijo JEK2

Koristno toplotno energijo za neelektrične aplikacije (daljinsko ogrevanje, procesna toplota, kmetijstvo, hlajenje) lahko pridobivamo na dva načina, in sicer z odjemom pare iz sekundarnega kroga in s koriščenjem odpadne toplote terciarnega kroga na izhodu iz kondenzatorja.



Slika 1: Viri toplote JEK2 za neelektrične aplikacije

4 REFERENCE

- [1] SiPRO inženiring, Izvedljivostna študija možnosti koriščenja toplote, 2013
- [2] Imuthes, Study on Waste Heat Utilization of the Nuclear Power Plant Krško 2, Gradec, 2008
- [3] IBE, Možnosti koriščenja toplote, Revizija izvedljivostne študije možnosti koriščenja toplote, 2013
- [4] GEN, TS-TR-2021-011 Kogeneracija in hibridni sistemi JEK2, 2022

GEN energija in prihodnost jedrske energije z majhnimi modularnimi reaktorji

Klemen Debelak^{1,*}, Gregor Srpčič¹ in Jan Lokar¹

¹ GEN energija d.o.o., Vrbina 17, 8270 Krško, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Klemen Debelak

GEN energija d.o.o.

E-pošta: klemen.debelak@gen-energija.si

Ključne besede: majhni modularni reaktorji, SMR, jedrska energija, jedrska tehnologija

1 UVOD

Za utrditev svojega položaja, kot vodilni promotor novih jedrskih tehnologij v Sloveniji je GEN energija začela več strateških nalog, osredotočenih na tehnologije majhnih modularnih reaktorjev (SMR). Cilj je spremljati nove tehnologije, pripraviti izvedljivostne študije o tehnologijah SMR-jev, s poudarkom na najbolj razvitih tehnologijah, določiti njihovo primernost za uporabo v Sloveniji in identificirati potencialne lokacije za njihovo uporabo.

2 OPIS PROJEKTOV

Podjetje že več let aktivno spremlja področje. Do danes je bilo na to temo izdelanih več internih tehničnih poročil. Prav tako se je uspešno pridružila več mednarodnim projektom/združenj, kot so Projekt Phoenix, European industrial alliance on SMR, One Stop Shop.

2.1 Project Phoenix

GEN energija je partner v projektu Phoenix, ki se bo izvajal v okviru Programa temeljne infrastrukture za odgovorno uporabo tehnologije majhnih modularnih reaktorjev (FIRST) Ministrstva za zunanje zadeve ZDA, v sodelovanju z Javno-zasebnim programom majhnih modularnih reaktorjev (SMR PPP) ameriškega Ministrstva za trgovino, katerega cilj je spodbujanje čezatlantskega sodelovanja pri uvajanju SMR-jev v Evropi in Evraziji. GEN energija v sodelovanju s slovenskimi deležniki (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, skupina HSE, Termoelektrarna Šoštanj, Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, Slovenski operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega omrežja - ELES, TALUM in Inštitut Jožef Stefan) sodeluje z ameriškim podjetjem Sargent & Lundy pri pripravi predizvedljivostne študije za gradnjo SMR-jev v Sloveniji.

V sklopu predizvedljivostne študije bo obravnavanih 6 potencialnih lokacij za postavitev SMR v Sloveniji, in sicer območje: Termoelektrarne Šoštanj, Termoelektrarne Trbovlje, Termoelektrarne Brestanica, tovarne TALUM, območje Beričevo-Podgorica in obstoječa lokacija Nuklearne elektrarne Krško (NEK).

V študiji bo obravnavanih 12 reaktorjev, 7 lahkovodnih (LWR), 3 napredni in 2 mikroreaktorja z možnostjo raziskovalnih aktivnosti. Obravnavani reaktorji so naslednji:

- LWR reaktorji: Westinghouse AP300, SMART, Holtec SMR-300, Nuscale Voygr, Nuward SMR, Rolls-Royce SMR in GEH BWRX-300,
- Napredni reaktorji: X-energy Xe-100, TerraPower Natrium in Kairos Power KP-FHR,
- Mikro reaktorja: Westinghouse eVinci in Natura Molten Salt Reactor.

Poročilo naj bi bilo zaključeno do konca leta 2024.



Slika 1: Project Phoenix

2.2 Evropsko industrijsko zvezo za SMR

GEN energija se je prav tako uspešno prijavila v Evropsko industrijsko zvezo za SMR-je. To predstavlja nove priložnosti za podjetje, s čimer lahko olajša in pospeši razvoj, postavitve in uvajanje SMR-jev v Evropi do začetka 2030-ih.

2.3 One Stop Shop

V okviru programa One stop shop, ki se bo izvajal v okviru programa FIRST bomo lahko dostopali do tehničnega in finančnega svetovanja ter svetovanja na področju regulative. Prav tako bomo imeli možnost strokovnih ogledov jedrskih objektov, nacionalnih laboratorijev in univerz v ZDA.

3 ZAKLJUČEK

GEN energija spremlja zelo dinamičen razvoj SMR. V Sloveniji si ne moremo privoščiti pilotnega projekta, zato bo potrebna čimprejšnja izgradnja takšnega projekta nekje v Evropi ter vzpostavitev industrije in dobavne verige, ki bo omogočala poceni in zanesljivo izgradnjo. Naslednja leta bodo odločilna za SMR industrijo.

Vpliv OVE in BHEE na stabilnost obratovanja EES - sistemski vidik in rešitve

mag. Mitja Pšaker, mag. Dejan Matvoz, Jernej Lasnik

ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Mitja Pšaker

Institucija/podjetje: ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: mitja.psaker@eles.si

Povzetek:

V preteklosti so dinamične lastnosti elektroenergetskega sistema (EES), tj. stabilnosti in robustnosti EES ter posledično zagotavljanja sigurnosti obratovanja EES, v veliki meri določale karakteristike velikih vodenih proizvodnih virov s sinhronskimi generatori priključenimi na prenosni sistem, medtem ko so danes začeli prevladovati obnovljivi viri na osnovi polprevodniških pretvornikov (OVEPP), kot so fotonapetostne sončne in vetrne elektrarne. Te s svojimi specifičnimi karakteristikami vplivajo na dinamiko in stabilnost EES sedanjosti in prihodnosti. Predvideni načrti priključevanja OVEPP v EES na nivoju evropske skupnosti predstavljajo kvantni preskok v obratovanju in obvladovanju stabilnosti EES.

V prispevku so podane razlike v karakteristikah med obstoječimi OVEPP, ki se v NC RfG (Uredba 2016/631) uvrščajo med module v proizvodnem polju (MPP) in sinhronskimi generatorji, ki jih NC RfG opredeljuje kot sinhronsko povezane elektroenergijske module (SPEM). Prikazan je vedno večji vpliv integracije OVEPP in BHEE na karakteristike EES in posledično na stabilnost obratovanja EES. Predstavljene so kratkoročne in dolgoročne rešitve. Ena ključnih dolgoročnih rešitev predstavlja dosledno upoštevanje zahtev prenovljenega NC RfG. Tako so v prispevku predstavljene tudi nove in dopolnjene zahteve, ki jih prinaša NC RfG 2.0 in bodo poleg elektroenergijskih modulov (EM) veljale tudi za hranilnike električne energije (v NC RfG 2.0 opredeljene kot module za shranjevanje električne energije - MSE), med katere se poleg baterijskih hranilnikov električne energije (BHEE) uvrščajo tudi električna vozila z dvosmerno izmenjavo električne energije (EV V2G) in pripadajočo opremo za napajanje EV V2G.

Zahtevane zmogljivosti podane v predlogu NC RfG 2.0 za nove EM in MSE so ključne za zagotovitev zanesljivosti, ekonomičnosti in stabilnosti obratovanje EES prihodnosti.

Ključne besede: obnovljivi vir energije, OVE, elektroenergijski modul, EM, modul v proizvodnem polju, MPP, sinhronsko povezan elektroenergijski modul, SPEM, proizvodne enote na osnovi polprevodniških pretvornikov, OVEPP, viri na osnovi polprevodniških pretvornikov, VOPP, fotonapetostne sončne elektrarne, SE, vetrne elektrarne, VE, Tretji energetske sveženj, Čista energija za vse Evropejce, Uredba 2016/631, NC RfG, NC RfG 2.0, Uredba (EU) 2019/943, Direktiva (EU) 2019/944, ENTSO-E, CHE, BHEE, EV V2G.

1 UVOD

Liberalizacija notranjega trga z električno energijo¹ in pospešen prehod v zeleno prihodnost spreminjata pokrajino elektroenergetskega sistema (EES), tj. način obratovanja in tehnične karakteristike EES.

Zaradi okoljskih zavez in posledično postopnim opuščanjem konvencionalnih virov električne energije (termoelektrarn na fosilna goriva in v posameznih državah tudi nuklearnih elektrarn) v mešanici proizvodnje, bo sistem proizvodnje električne energije v prihodnosti temeljil na obnovljivih virih energije (OVE), tj. na velikem številu razpršenih virov proizvodnje, ki temelji na močnosti elektroni, s spremenljivo² (vremensko pogojeno) in samo deloma vodenjo proizvodnjo. Z masovno integracijo OVE se, poleg velikih odstopanja med napovedjo proizvodnje in porabe elektrike znotraj posameznih časovnih obdobjih, pričakujejo tudi velika nihanja cen na trgu elektrike. Baterijski hranilniki električne energije (BHEE) lahko zapolnijo nastalo vrzel s tem, da nudijo pomožno storitev³ izravnavo v krajšem časovnem obdobju (trenutno ekonomično nekaj ur znotraj dneva⁴) kot tudi nefrekvenčne pomožne storitve⁵. Z vedno višjimi cilji integracije OVE je pričakovati masovni prodor BHEE.

Zaradi svojega potenciala za dekarbonizacijo proizvodnje električne energije in predvidene masovne integracije v omrežje so OVE in BESS pritegnili veliko pozornost operaterjev prenosnih in distribucijskih sistemov, saj njihova integracija vzbuja zaskrbljenost glede stabilnosti⁶, zanesljivosti in odpornosti EES.

Članek predstavlja vpliv OVE in BESS na stabilnost EES z vidika celotnega sistema, predstavlja izzive, ki jih prinaša njihova integracija, in podaja možne rešitve in strategije za ublažitev teh vplivov.

2 PRETEKLOST

V zadnjih stotih letih (tj. v 20. stoletju) je razvoj EES temeljil na konceptu samozadostnosti posameznih nacionalnih EES, kjer je proizvodnja znotraj posamezne države sledila dnevni diagramu porabe. Proizvodnja električne energije (elektrike) je bila centralizirana, zasnovana na velikih vodenih⁷ konvencionalnih proizvodnih virih s sinhronskimi generatorji (termo elektrarnah, nuklearnih elektrarnah,

¹ Namesto izraza električna energija se uporablja izraz elektrika.

² Spremenljivi OVE so OVE odvisni od vremena, katerih primarni vir energije ni možno regulirati (npr. povečanja proizvodnje iz SE, če se zmanjšuje osončenost foto-napetostnih modulov) in temeljijo na konceptu sledenja največji moči (angl. *maximum power point tracking* - MPPT). Vremenska odvisnost spremenljivih OVE (VE in SE) in njihova nezmožnost vodenja posledično vpliva na natančnost napovedi proizvodnje in s tem na odstopanja od voznega reda, kar od sistemskih operaterjev prenosnih sistemov (OPS) zahteva, da zagotovijo:

- manjkajočo energijo z dodatnim aktiviranjem (povečanjem) na strani proizvodnje (običajno z aktivacijo plinskih elektrarn) ali na strani odjema (z zmanjšanjem odjema), t.i. »pozitivna rezerva«,
- dodatni prevzem energije iz EES z zmanjšanjem na strani proizvodnje ali s povečanjem na strani odjema, t.i. »negativna rezerva,
- ustrezno »rampiranje*« kot posledica hitrih sprememb v proizvodnji spremenljivih OVE (ali zaradi pretokov moči).

* Stopnja/ naklon rampe predstavlja hitrost, pri kateri se izhodna moč na časovno enoto poveča ali zmanjša, običajno pa je izražena v MW/min. Parameter naklona rampe je pogosta metrika v EES z velikim deležem proizvodnje iz spremenljivih OVE. Parameter »rampiranja« je vzpostavljen za ohranjanje ustreznega nivoja stabilnosti frekvence, zaradi hitrih nihanj v proizvodnji ali odjemu, kar vpliva na dimenzioniranje rezerv v sistemu.

³ DIREKTIVA (EU) 2019/944 [5]:

„pomožna storitev“ pomeni storitev, potrebno za obratovanje prenosnega ali distribucijskega sistema, vključno s pomožnimi storitvami za izravnavo in nefrekvenčnimi pomožnimi storitvami, vendar ne tudi za upravljanje prezasedenosti;

⁴ Ekonomičnost uporabe BHEE je odvisna od nihanja dnevnih cen na trgu z elektriko. Cena elektrike znotraj posameznega regulacijskega območja je pogojena tudi z vpetostjo posameznega regulacijskega območja (tj. z interkonekcijskimi povezavami) znotraj posameznega sinhronnega območja ali s sosednjim(i) sinhronim(i) območjem(i). Omejitve prenosa energije preko čezmejnih vodov predstavljajo potencialne »zamašitve« na čezmejnih vodih in s tem posledično višanje končne cene energije iz uvoza, ki so zajeti v končni ceni energije.

⁵ DIREKTIVA (EU) 2019/944:

„nefrekvenčna pomožna storitev“ pomeni storitev, ki jo operater prenosnega sistema ali operater distribucijskega sistema uporablja za regulacijo napetosti v ustaljenem stanju, hitre injekcije jalove moči, vztrajnost za stabilnost lokalnega omrežja, kratkostični tok, zmožnost zagona brez zunanjega vira napajanja in zmožnost otočnega obratovanja.

⁶ Stabilnost EES se nanaša na sposobnost EES, da za dano izhodiščno (začetno) obratovalno stanje ponovno vzpostavi stanje ravnovesja, potem ko je bil izpostavljen motnji, pri tem pa ohranja zanesljivost obratovanja. Na splošno stabilnost EES razvrstimo v sledeče razrede: (rotorska) kotna stabilnost (ukvarja se s sposobnostjo SG, da po motnjah ohranijo sinhronizem), frekvenčna stabilnost frekvence (nanaša se na sposobnost EES, da po motnjah vzdržuje stabilno frekvenco zaradi neravnovesja med proizvodnjo in odjemom), napetostna stabilnost (vključuje sposobnost EES, da po motnji vzdržuje sprejemljive ravni napetosti na vseh zbiralkah), resonančna stabilnost, stabilnost povzročena s strani pretvornikov. Za podrobno razlago glej [6].

V tradicionalnih EES prevladujejo sinhroni generatorji (elektrarne na fosilna goriva, hidroelektrarne in jedrske elektrarne), ki sami po sebi prispevajo k vztrajnosti in robustnosti ter zagotavljajo regulacijo frekvence in napetosti v EES. Vse večji prodor virov na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP), kot so fotonapetostni sistemi in uporaba BESS, vnaša novo »dinamiko« v navedene oblike stabilnosti.

⁷ Voden konvencionalni proizvodni viri s sinhronskimi generatorji (SG) v smislu prilagajanja proizvodnje električne energije glede na zahtevan odjem (dnevni diagram porabe). Razpoložljivost primarnega vira energije posameznih konvencionalnih elektrarn je bila predvidljiva (plansko načrtovana), s tem pa se je proizvodnja z zadostno zalogo primarnega vira (npr. premoga na deponiji) prilagajala odjemu.

hidro elektrarnah, plinskih elektrarnah), ki so same po sebi (inherentno) s svojimi karakteristikami⁸ zagotavljale odpornosti na motnje in s tem tudi celotnega EES. Medsebojne povezave z EES sosednjih držav (interkonekcije) so imele namen zagotavljanja večje robustnosti EES (odpornosti na motnje) in podporo stabilnosti EES v primeru velikih motenj ali kot pomoč ob pomanjkanju energije.

3 SEDANJOST

S ciljem doseganja političnih zavez in posledično z »upokojitvijo« konvencionalnih virov s sinhronskimi generatorji (SG), ki zagotavljajo robustnost in stabilnost EES, se izgublja inherentne karakteristike EES preteklosti, s tem pa se zmanjšuje odpornost EES na motnje, kar lahko privede do izgube stabilnosti in posledično do delnega ali popolnega razpada EES. Z namenom zagotavljanja visoke zanesljivosti obratovanja EES, se je z novimi pravili⁹ za priključitev na omrežje (kodeksi omrežja¹⁰ objavljenimi v letu 2016) del zmožljivosti, ki so jih v preteklosti zagotavljali konvencionalni viri, prenesel na obnovljive vire na osnovi polprevodniških pretvornikov (OVEPP). Zahteve podane v pravilih za priključitev uporabnikov¹¹ na omrežje (angl. *Connection Network Codes – CNC*) določajo minimalne tehnične zmožljivosti in funkcionalnosti za uporabnike EES za zagotovitev stabilnega obratovanja EES do indikativne meje penetracije močnostne elektronike 65%¹². Tako današnji EES, ki je bil zasnovan na konvencionalnih virih, ob striktnem upoštevanju zahtev iz CNC omogoča stabilno obratovanje do meje penetracije virov na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP)¹³ 65%¹⁴. Preseganje te meje privede do nižanja meja stabilnosti, ki se v EES odražajo kot:

- interakcija med regulacijskimi sistemi VOPP);
- zmanjšanje skupne vztrajnosti (v) EES (pomanjkanje rotirajočih mas);
- nižanje kratkostičnih moči omrežja¹⁵ kot posledica omejenih prispevkov h kratkostičnim tokovom s strani VOPP med okvarami v EES (vrednosti SCR¹⁶ lahko v določenih obratovalnih stanjih padejo pod vrednost 3). To lahko rezultira v nepravilnem delovanju zaščitnih shem, ki danes temeljijo na prispevku k kratkostičnemu toku s strani konvencionalnih virov s SG.

⁸ Konvencionalni viri s sinhronskimi generatorji so poleg izravnave delovne moči inherentno zagotavljali posamezne nefrekvenčne pomožne storitve (npr. vztrajnost (v) EES, kratkostični tok v EES), ki so potrebne za ohranitev stabilnosti EES.

⁹ Nova pravila veljajo na ENTSO-E območju, tj. na celotnem območju Evrope, brez Belorusije in Rusije.

¹⁰ Kodeksi za priključitev na omrežje (angl. *Connection Network Codes – CNC*) so nova skupna harmonizirana pravila za priključitev uporabnikov na omrežje na celotnem ENTSO-E sistemu. CNC so: NC RfG [7], NC DC [8] in NC HVDC [9]. Zahteve iz CNC so se začele uporabljati po treh letih od objave, tj. 27. aprila 2019 za NC RfG, 18. avgust 2019 za NC DC in 8. september 2019 za NC HVDC.

¹¹ Pod uporabnike sistema se smatra elektroenergijske module (EM), odjemne enote, odjemne objekte, distribucijske sisteme (DS), zaprte distribucijske sisteme (ZDS), HVDC sisteme, kot so opredeljeni v NC RfG, NC DC, NC HVDC.

¹² Meja penetracije virov na osnovi močnostne elektronike (polprevodniških pretvornikov) 65% predstavlja indikativno mejo, saj je stabilnost obratovanja pogojena z močjo omrežja (angl. *system strength*) v dani točki priključitve OVPP na omrežje, razporeditvijo proizvodnih virov v omrežju in zmožljivostmi ter funkcionalnostmi (načina regulacije) VOPP. VOPP so lahko tipa oblikovanja napetosti (angl. *Grid-forming Inverter-based Resource*) [10] ali VOPP tipa sledenja omrežni napetosti (angl. *Grid-following Inverter-based Resource*) [11]. Obstoječ način regulacije VOPP je tipa sledenja omrežni napetosti, tj. regulacije, ki zagotavljajo (delavno in) jalovo moč z injiciranjem tokov v električno omrežje pod napetostjo (obnašanje kot tokovni vir).

Indikativna meja penetracije VOPP predstavlja razmerje pretoka (proizvedene) delovne moči preko močnostne elektronike glede na celotno delavno moč (proizvodnje) v danem trenutku, in je rezultat analize za sinhrono območje Velike Britanije [12] in za sinhrono območje Irske in Severne Irske [13].

¹³ Viri na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP) (angl. *Inverter-Based Resource – IBR*): je vir (ali ponor v primeru polnjenja baterijskega hranilnika električne energije – BHEE (angl. *Battery Energy Storage System – BESS*)) električne energije, ki je priključen na EES (prenosni ali distribucijski sistem), in je sestavljen iz ene ali več enot IBR**, ki obratujejo kot en sam vir na skupni točki priključitve na omrežje. IBR vključujejo sončne fotonapetostne elektrarne (angl. *solar photovoltaic – PV*), VE tipa 3 in VE tipa 4, BHEE in gorivne celice. VOPP spadajo med ne-sinhrono obratujoče »generatorje«. Posamezne definicije med VOPP uvrščajo še HVDC sisteme in FACTS naprave.

**IBR enota (angl. *IBR unit*): Posamezna naprava ali skupina več naprav, ki uporabljajo vmesnik(-e) na osnovi močnostne elektronike, kot je pretvornik (AC/DC ali DC/AC), ki lahko izvaža delovno moč iz primarnega vira energije ali sistema za shranjevanje energije, in ki se povezujejo skupaj na eni točki kolektorskega sistema.

¹⁴ V posameznih sinhronih območjih je navedena mejna vrednost tudi 70%, ter je odvisna od geografske razporeditve OVE in SG ter topologije omrežja.

¹⁵ Moč omrežja (angl. *system strength*) predstavlja merilo občutljivosti omrežja na motnje v omrežju. Kot indikativno merilo moči sistema se pogosto uporablja indeks razmerja kratkega stika (angl. *Short Circuit Ratio – SCR*), ki meri, kako močno je omrežje v dani točki (točki priključitve na omrežje / zbiralki / vozlišču). Učinek vpliva motenj na napetost in druge spremenljivke sistema se zmanjšuje z večanjem moči sistema [14].

¹⁶ Razmerje kratkega stika (SCR) je pogosto uporabljena metrika za kvantifikacijo relativne impedance EES, gledano iz točke priključitve na omrežje. SCR, ki ga zazna EM, močno vpliva na njegovo sposobnost (zadovoljivega) obratovanja, tako v stacionarnem stanju kot ob motnjah v EES. SCR metrika predstavlja zelo zmožljiv in preprost koncept razširjen za uporabo na »skupno« impedanco, ki jo vidi več elektroenergijskih enot priključenih v istem delu omrežja [15].

Z uvedbo notranjega trga z elektriko (kot del liberalizacije trga s plinom in elektriko¹⁷) je postal EES »platforma« za trgovanje z elektriko, kjer se električna energija prenaša preko velikih geografskih razdalj. Pojavljati so se začeli fizični pretoki energije, ki ne sledijo komercialnim izmenjavam med deležniki, t.i. krožni pretoki, ki lahko:

- vodijo do preobremenitev in posledično do izklopa preobremenjenih elementov EES. Prenos energije se s tem prenese na »vzporedne prenosne poti« in če se tudi te preobremenijo lahko pride do verižnega (kaskadnega) izklopa posameznih preobremenjenih elementov ter delnega ali popolnega razpada EES; ali
- vplivajo na stabilnost ESS zaradi »velikega« prenosa energije na dolgih razdaljah preko relativno »šibkih« prenosnih poti. V takšnih situacijah EES obratuje blizu stabilnostnih meja in lahko izpad enega močno obremenjenega daljnovoda povzroči nestabilno stanje, ki rezultira v ločitvi interkonekcije na več ločenih, otočnih sistemov.

4 PRIHODNOST

V zadnjem desetletju so se obnovljivi VOPP, kot so vetrne elektrarne (VE) in fotonapetostne sončne elektrarne (SE), razširile po vsem svetu kot posledica zavez številnih vlad za povečanje proizvodnje električne energije iz OVE in spopadanja z globalnim segrevanjem ter drugimi okoljskimi težavami. VOPP s svojimi specifičnimi karakteristikami vplivajo na dinamične karakteristike EES sedanjosti in prihodnosti. Prav tako se s pospešeno elektrifikacijo¹⁸ pričakuje velik vpliv na spremembo karakteristik EES na stani odjema (predvsem odjemnih enot na osnovi polprevodniških pretvornikov), tj. odjemnih enot za pretvorbo elektrike v plin - elektrolizatorji (P2G), podatkovnih centrov in z masovno priključitvijo odjemnih enot kot so npr. električna vozila z enosmerno in dvosmerno izmenjavo električne energije (EV V1G in V2G) in pripadajočo opremo za napajanje, toplotne črpalke (TČ).

Vedno višjim političnim ciljem razogljičenja družbe¹⁹ sledi povečanje deleža energije v bruto rabi končne energije iz obnovljivih virov²⁰ (na letnem nivoju), kar se v posameznih urah znotraj leta odraža kot preseganje mejne vrednost penetracije močnostne elektronike, s tem pa ogrožanje stabilnega obratovanja EES. Inštalirana moč SE²¹ in VE²² v omrežje ENTSO-E se bo do leta 2030, glede na leto 2023, podvojila. Pospešenemu preoblikovanju načina proizvodnje električne energije iz OVEPP, ki je vremensko pogojena, sledijo potrebe po povečanju prožnosti na strani odjema kot tudi potrebe EES po uvedbi dodatnih zahtev ob priključitvi "novih" uporabnikov omrežja s ciljem ohranitve stabilnost EES. Tako se v prihodnosti pričakuje sprememba karakteristik EES kot posledica sprememb na strani proizvodnje in na strani odjema, tj. s priključitvijo velikega števila TČ, EV, P2G, BHEE.

Četrta energetska zakonodajni sveženj²³ naslavlja ključne elemente oblikovanja trga električne energije prihodnosti, ki je zasnovan tako, da spodbuja prehod na čisto energijo. Cilj prenove CNC 2.0 je obratovanje EES prihodnosti nad mejo penetracije močnostne elektronike 65% do vrednosti 100%. ACER je utemeljen predlog sprememb prenovljenega NC RfG 2.0 [1] in NC DC 2.0 [2] predložil [3] na evropsko komisijo decembra 2023. Predvidoma bosta kodeksa, po javni obravnavi, objavljena v prvi polovici leta 2025, zahteve iz Uredb pa se bodo začele uporabljati tri leta po objavi, tj. predvidoma leta 2028.

Evropski zeleni dogovor [4] opredeljuje ambicije, da bi EU do leta 2050 postala podnebno nevtralna. Za dosego tega cilja je ključnega pomena energetska transformacija, ki vključuje premik od:

- velikih vodenih konvencionalnih virov k spremenljivim virom električne energije,

¹⁷ Liberalizacija trgov s plinom in elektriko temelji na 114. členu in 194. členu *Pogodbe o delovanju Evropske unije*.

¹⁸ Elektrifikacija industrije (prehod industrije iz plina na elektriko), prometnega sektorja, sektorja ogrevanja in hlajenja.

¹⁹ Čista energija za vse Evropejce (angl. *Clean energy for all Europeans package*) [16], [17] predstavlja sveženj zakonodaje, ki bo pomagal razogljičiti energetska sistem EU v skladu s cilji *Evropskega zelenega dogovora* (angl. *European Green Deal*) [18]. Cilj *Evropskega zelenega dogovora* je preobraziti EU v družbo, ki v letu 2050 ne bo ustvarjala nobenih neto emisij toplogrednih plinov in do leta 2030 zmanjšati neto emisije toplogrednih plinov na najmanj 50 % in na okoli 55 % glede na raven iz leta 1990.

²⁰ Predpisani deleži energije iz OVE v bruto končni porabi energije se je v zadnjih desetih letih povečeval iz 20 % na 25 % (trenutna predpisana vrednost 25 % zavezujočega nacionalnega ciljnega deleža OVE po *Direktivi 2009/28/ES* [19]). Cilj za leto 2030 se je povečal iz 32 % (zavezujoč skupni cilj Unije za leto 2030 določen v letu 2018, *Renewable Energy Directive 2018/2001/EU* [20]) na 42,5 % s prizadevanjem na 45 % (nov zavezujoč cilj za leto 2030 določen leta 2023, *Revised Directive EU/2023/2413* [21]) kot del petega energetskega paketa znan kot "Pripravljeni za 55". V primeru nedoseganja zavezujočega nacionalnega cilja deleža OVE mora Slovenija manjkajočo proizvodnjo iz OVE »dokupiti« [22].

²¹ Povečanje inštalirane moči sončnih fotonapetostnih sistemov se bo povečalo iz 260 GW [23] v letu 2023 na skoraj 600 GW [24] v letu 2030.

²² Povečanje inštalirane moči vetrnih elektram se bo povečalo iz 221 GW [25] v letu 2023 na več kot 500 GW [26] v letu 2030.

²³ Del zakonodajnega svežnja sta *Direktiva 2019/944* [5] in *Uredba 2019/943* [27]. *Uredba 2019/943* podaja zakonsko podlago za prenovu pravil CNC.

- sinhronskih generatorjev k proizvodnim enotam na osnovi polprevodniških pretvornikov,
- centraliziranega k decentraliziranemu EES,
- neaktivnih uporabnikov omrežja k aktivnim uporabnikom omrežja (vključno z odjemalci),
- novih pravil obratovanja EES in novih pravil priključitve uporabnikov na EES.

5 GLAVNE RAZLIKE V KARAKTERISTIKAH MED OBSTOJEČIMI OVEPP IN BHEE TER SINHRONSKIMI GENERATORJI

SE in VE²⁴ (OVEPP) se skupaj z BHEE uvrščajo med vire na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP), njihova dinamika pa se bistveno razlikuje od konvencionalnih proizvodnih virov s sinhronskimi generatorji. Za razliko od konvencionalnih proizvodnih virov s sinhronskimi generatorji, kjer je odziv na motnje v omrežju bolj ali manj konstrukcijsko pogojen in predvidljiv²⁵, je dinamični odziv VOPP, katerega osnovna platforma predstavlja polprevodniški pretvornik (»hardware«), v celoti odvisen²⁶ od regulacijskih algoritmov in regulacijskih zank s hitrimi odzivnimi časi²⁷ - programske kode (»software«), ki je običajno (vsaj delno) poslovna skrivnost proizvajalca opreme. Odziv posameznih VOPP je v celoti odvisen od razumevanja zahtev za priključitev na omrežje²⁸ s strani proizvajalca opreme in njegovega zapisa programske kode.

Obstoječe OVEPP (priključene na omrežje v zadnjih 15 letih) kot so SE in VE, večinoma predstavljajo OVEPP v njihovem zgodnjem tehnološkem razvojnem obdobju. Glavne razlike v karakteristikah med obstoječimi OVEPP in konvencionalnimi proizvodnimi viri s sinhronskimi generatorji (SG) predstavljajo:

- frekvenčni odziv (odziv na spremembo frekvence):
 - rotirajoče mase (vztrajnost),
 - odpornost na hitrost spremembe frekvence (angl. *RoCoF*),
 - zmogljivost regulacije frekvence,
- podpora napetosti:
 - prispevek k kratkostičnemu toku in podpora napetosti ob motnjah v omrežju,
 - zagotavljanje zadostnega obsega jalove moči v stacionarnem stanju,
- robustnost (odpornost na motnje):
 - zmogljivost regulacijskega odziva pretvornika,
 - konstantna notranja napetost vira,
 - zmogljivost sinhronizacijskega navora in izguba sinhronizma,
 - zmogljivost dušilnega navora (dušenja nihanja delovne moči),
 - zmogljivost neprekinjenega obratovanja pri znižani napetosti zaradi okvare v omrežju,
- oddajanje harmonikov v omrežje in ponor napetostnih harmonikov v omrežju,
- zagon elektroenergijskega modula brez zunanega vira napajanja.

Predlog NC RfG 2.0 prinaša dopolnjene zahteve za elektroenergijske module (EM) in nove zahteve, ki bodo veljale za hranilnike električne energije (v NC RfG 2.0 opredeljene kot module za shranjevanje električne energije - MSE), med katere se poleg baterijskih hranilnikov električne energije (BHEE) uvrščajo tudi električna vozila z dvosmerno izmenjavo električne energije (EV V2G) in pripadajočo opremo za napajanje EV V2G. Cilj zahtev je stabilno obratovanje EES prihodnosti.

²⁴ VE tipa 1 (asinhronski generator (AG) direktno priključen na omrežje brez pretvornika), VE tipa 2 (AG s spremenljivo upornostjo rotorskega navitja, direktno priključen na omrežje brez pretvornika) in VE tipa 5 (pogonski sklop s spremenljivo hitrostjo povezan preko hidrostatskega pretvornika navora/hitrosti na SG, direktno priključen na omrežje brez pretvornika) se uvrščajo med OVE, vendar ne med vire na osnovi polprevodniških pretvornikov. Število navedenih tipov VE priključenih na omrežje je zanemarljivo.

²⁵ Gre za delno poenostavitev, saj je odziv konvencionalnih virov na posamezne motnje v EES (npr. kotna stabilnost na majhne motnje) odvisen tudi od nastavitve parametrov regulacijskih sistemov SG in karakteristike EES.

²⁶ Gre za delno poenostavitev; odziv OVEPP na okvare v omrežju (kratek stik) je omejen s termičnimi limitami pretvornika ali pri vetrnih turbinah s konstrukcijskimi mehanskimi omejitvami. Za razliko od SG lahko močnostni pretvorniki prenesajo le majhen nadtok (nekaj odstotkov lastnega nazivnega toka). SG ob okvarah v omrežju lahko kratkotrajno generira tok kratkega stika velikosti 5 p.u. - 10 p.u., medtem ko je tok VEPP omejen na vrednost kratkostičnega toka 1 p.u. - 1,55 p.u., oz. 2 p.u. (v trajanju največ 1 ms) [28], [29]. Za namen termične zaščite polprevodnikov pred poškodbami, ki jih povzročajo nadtokovi, so razvite strategije omejevanja toka, ki so integrirane v algoritem regulacije močnega pretvornika. Algoritem preprečuje, da bi tok presegel termično mejo, hkrati pa določa obnašanje VEPP na točki priključitve na omrežje (ali kot tokovni vir ali kot vir napetosti).

²⁷ Npr. PLL in notranje tokovne regulacijske zanke.

²⁸ Zahteve za priključitev na omrežje predpisujejo minimalne zmogljivosti in funkcionalnosti uporabnikov omrežja na točki priključitve na omrežje.

6 SISTEMSKI VIDIK VPLIVA PRIKLJUČEVANJA OVEPP IN BHEE NA STABILNOST

OBRATOVANJA EES

Vedno večji delež priključitve spremenljivih OVEPP na omrežje zaradi svojih tehničnih karakteristik povzroča oz. bo v prihodnosti povzročilo:

- spremembe v vzorcih pretokov moči v omrežju, ki postajajo vedno bolj nepredvidljivi, še posebej med prenosnimi in distribucijskimi omrežji, kjer se že pojavljajo pretoki delovne moči iz distribucijskega proti prenosnemu omrežju, pojavljajo pa se tudi večja in hitrejša nihanja napetosti,
- potrebo po večjih prenosnih zmogljivostih za tranzit energije po prenosnih koridorjih zaradi spremenljivosti proizvodnje iz OVE, pri čemer so pretoki moči vedno bolj časovno spremenljivi,
- spremenljive pretoke delovne in jalove moči v distribucijskem omrežju zaradi razpršenih virov,
- probleme z spoznavnostjo (angl. *observability*) proizvodnje iz OVE priključene v SN in NN omrežju,
- uvedbo novih pravil podanih v *Tretjem energetskega paketu*²⁹ in *Četrtem energetskega paketu*:
 - spremembo modela in pravil trga z električno energijo podanih v kodeksih omrežja,
 - uvedbo novih tehničnih pravil in zahtev za priključitev na omrežje za vse pomembne uporabnike,
 - uvedbo novih postopkov in pravil v obratovanju EES.

Postopno opuščanje konvencionalnih virov s sinhronskimi generatorji in velika integracija (priključevanje) OVEPP in BESS na omrežje vpliva na sledeče karakteristike (parametre) omrežja:

- znižanje vztrajnosti (v) EES (angl. *total system inertia*)³⁰. Nižja vztrajnost v EES ob motnjah v EES, ki rezultira v neravnovesje delovne moči, povzroči višje hitrosti spremembe frekvence (angl. *RoCoF*), s tem pa pride do povečanja tveganj za motnje v oskrbi z električno energijo, v skrajnem primeru tudi za delni ali popolni razpad EES kot posledica frekvenčne nestabilnosti;
- znižanje kratkostičnega nivoja³¹ v omrežju, kar lahko rezultira v zatajitvi zaščitnih sistemov, v kratkoročnih napetostnih nestabilnosti in v izgubi tranzientne stabilnosti sinhronskih generatorjev;
- znižanje zadostnega zagotavljanja jalove moči v posameznih točkah EES, kar ima negativen vpliv na dolgoročno napetostno nestabilnost;
- potrebo po večji količini fleksibilnosti. Zmanjšanje deleža vodenih proizvodnih enot, vedno večji delež integracije spremenljivih OVE in delovanje trga z električno energijo vodi do velikih potreb po fleksibilnosti (prožnosti) že v normalnem obratovanju EES prihodnosti.
- povečanje tveganj za nastanek nestabilnosti zaradi hitrega dinamičnega obnašanja naprav na osnovi polprevodniških pretvornikov:
 - medsebojno delovanje (učinkovanje) med regulatorji (angl. *Control Interactions*) v EES;
 - nestabilnost delovanja regulatorjev (angl. *Control Instability*).

7 REŠITVE ZA OBRATOVANJE EES PRIHODNOSTI IN ZASNOVA EES PRIHODNOSTI

Zaradi spremembe karakteristik EES je za ohranitev stabilnega obratovanja EES ključno:

- spremljanje in ocena napovedi posameznih parametrov (npr. vztrajnosti znotraj posameznega regulacijskega območja oz. znotraj sinhronnega območja) v EES v prihodnosti (dolgoročno) ali tudi znotraj dneva,

²⁹ Tretji energetski (zakonodajni) sveženj [30] (sveženj) je bil sprejet leta 2009 in stopil v veljavo z marcem 2011. Sveženj pokriva področje energetike in obsega tri uredbe in dve direktivi, ter uredbo o celovitosti in preglednosti veleprodajnega energetskega trga. Sveženj predstavlja podlago za popolno integracijo nacionalnih trgov z energijo in dokončno oblikovanje enotnega notranjega energetskega trga. Sveženj predstavlja pravno podlago za uvedbo harmoniziranih pravil omrežja (kodeksov omrežja za priključitev na omrežje, kodeksov omrežja glede obratovanja omrežja in tržnih kodeksov omrežja).

³⁰ V sinhronem območju celinske Evrope so parametri današnjega EES izračunani glede na referenčni dogodek (angl. *reference incident*), tj. na odstopanje frekvence zaradi izgube 3000 MW proizvodnje ali odjema v EES.

V EES prihodnosti so parametri EES izračunani tako, da bodo omogočili ločitev EES (npr. največji RoCoF, ki ga morajo vzdržati elementi EES glede na zahteve za priključitev na omrežje). V sinhronem območju celinske Evrope prihodnosti v centru vztrajnosti EES je predvidena zmogljivost $RoCoF = 1 \text{ Hz/s}$, medtem ko se od posameznih EM zahteva zmogljivost nad vrednostjo $RoCoF = 2 \text{ Hz/s}$.

³¹ Kratkostični nivo (angl. *Short Circuit (power) Level*): Tok kratkega stika ali tok okvare je najvišji tok, ki se pojavi v EES ob pojavu okvare. Največja (maksimalna) raven toka kratkega stika se izračuna z namenom, da se določijo najvišji pogoji obremenitve, ki jih morajo elementi EES prenesti med okvaro. Najmanjša (minimalna) raven toka kratkega stika se izračuna z namenom, da se določi minimalni signal, ki ga morajo zaščitne naprave zaznati, da lahko reagirajo na okvaro.

- ocena potreb pomožnih storitev in stroškov za zakup na trgu pomožnih storitev,
- pravočasna priprava definiranj tehničnih parametrov in priprava trga pomožnih storitev,
- spremljanje nastavitve zaščite na posameznih EM in koordinacija zaščite,
- spremljanje izpolnjevanja zahtev iz NC RfG in pravočasni razvoj tehničnih zahtev za priključitev na omrežje v okviru prenove kodeksa omrežja NC RfG 2.0, NC DC 2.0 in NC HVDC 2.0.

8 ZAKLJUČEK

Tretji energetski zakonodajni sveženj in uvedba kodeksov omrežja, ter zakonodajni sveženj *Čista energija za vse Evropejce* nalaga operaterju prenosnega sistema električne energije (OPS) odgovornost za zagotovitev varnega, zanesljivega in učinkovitega obratovanja elektroenergetskega sistema ob vedno večji integraciji SE in VE.

Z energetsko transformacijo, katere posledica je vedno večji delež integracije SE in VE v EES, ter s postopnim opuščanjem konvencionalnih virov električne energije (TE in v nekaterih državah tudi NE), se spreminjajo karakteristike EES. Prav tako so (do sedaj) zagotavljali pomožne storitve konvencionalni viri priključeni na prenosni sistem (bodisi preko trga sistemskih storitev, bodisi v okviru zahtev za priključitev na omrežje bodisi inherentno, sami po sebi s svojimi tehničnimi lastnostmi).

S prehodom proizvodnje iz velikih vodenih konvencionalnih virov, ki so bili večinoma centralizirani (npr. TE z več bloki), na veliko število razpršenih OVEPP, katerih proizvodnja je vremensko pogojena, se spreminjajo karakteristike (dinamika) EES kot celote. S spremembo v proizvodni mešanici virov električne energije in uvedba novih tehnologij (npr. BHEE) se bodo odrazile v spremembi obratovalnih karakteristik (parametrov) EES. Karakteristike EES prihodnosti se bodo nenehno spreminjale zaradi vedno večjega deleža priključevanja OVE in novih tehnologij (npr. HVDC sistemov, STATCOM) na omrežje ter posledično vpliva njihovih električnih karakteristik na EES (npr. kot je večji delež proizvedene energije preko pretvornikov na osnovi močnostne elektronike, ki neposredno vpliva na stabilnost EES ali na kakovost električne energije) do sprememb narave odjema (npr. z vključevanjem električnih vozil v sheme prilagajanja odjema).

Vedno večji delež SE in VE v EES vpliva tako na spremenljivost proizvodnje (na prenosnem sistemu) kot na spremenljivost neto odjema v distribucijskih sistemih (zaradi velikega deleža razpršenih OVE priključenih v distribucijskih omrežjih). Znižanje odjema ob sočasno veliki proizvodnji iz OVE v posameznih časovnih intervalih vpliva na ceno električne energije, ki je neekonomična za obratovanje konvencionalnih virov (TE, NE), ki so do sedaj zagotavljali sistemske storitve. Zato je potreben pravočasen razvoj zmogljivosti virov na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP) vključno z zagotovitvijo posameznih pomožnih storitev, da VOPP zagotovijo EES prihodnosti zanesljivo, ekonomično in stabilno obratovanje EES v tržnih pogojih. Nepravočasen razvoj zmogljivosti VOPP, ki bodo nudili podporo EES v prihodnosti pomeni nižanje meja obratovalne sigurnosti in meje stabilnosti, s tem pa posledično omejevanje priključevanja OVE ali obratovanja OVE v posameznih časovnih obdobjih, ko je presežen delež meje penetracije močnostne elektronike, oz. VOPP nad 65% do 70%. Omejevanje priključitve OVEPP ali obratovanja OVEPP vpliva na ekonomičnost EES kot celote.

Integracija OVE in BESS v EES predstavlja tako nove izzive kot priložnosti. Čeprav OVE zagotavljajo znatne okoljske prednosti pred konvencionalnimi viri, lahko njihova narava, ki temelji na poprevodniških pretvornikih, in spremenljivost vplivata na stabilnost EES. Z ustreznimi regulacijskimi strategijami, naprednimi tehnologijami in koordiniranim vodenjem omrežja je možno negativne vplive obvladovati, OVE in BESS pa lahko igrata ključno vlogo pri prehodu na bolj odporen in trajnosten EES.

9 REFERENCE

- [1] Annex 1a – Amended RfG Regulation TC compared to the current Regulation
https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_1a_NC_RfG_TC_to_original.pdf
- [2] Annex 2a – Amended DC Regulation TC compared to the current Regulation
https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_2a_NC_DC_TC_to_original.pdf
- [3] RECOMMENDATION No 03/2023 OF THE EUROPEAN UNION AGENCY FOR THE COOPERATION OF ENERGY REGULATORS of 19 December 2023

- https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations/ACER_Recommendation_03-2023_NC_RfG_DC.pdf
<https://www.acer.europa.eu/electricity/connection-codes>
- [4] The European Green Deal
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [5] DIREKTIVA (EU) 2019/944 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 5. junija 2019 o skupnih pravilih notranjega trga električne energije in spremembi Direktive 2012/27/EU (prenovitev) (Besedilo velja za EGP) Direktiva 2019/944 o skupnih pravilih notranjega trga električne energije
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>
- [6] Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 36, NO. 4, JULY 2021
- [7] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/631 z dne 14. aprila 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (Besedilo velja za EGP)
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:JOL_2016_112_R_0001
- [8] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/1388 z dne 17. avgusta 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za priključitev odjemalcev (Besedilo velja za EGP)
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_2016.223.01.0010.01.ENG&toc=OJ:L:2016:223:TOC
- [9] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/1447 z dne 26. avgusta 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev visokonapetostnih sistemov prenosa z enosmernim tokom in modulov v proizvodnem polju, priključenih na enosmerni tok, na omrežje (Besedilo velja za EGP)
<http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/1447/oj>
- [10] Grid-Forming Inverter Controls | Grid Modernization | NREL
<https://www.nrel.gov/grid/grid-forming-inverter-controls.html>
- [11] WEBINAR: Understanding of Grid-Forming Control for Inverter-Based Resources: Theory and Practice
<https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjRmuiE6M6IAxVZ2QIHHf01A5AQwqsBegQIExAF&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D6VOW3m9IJ6A&usg=AOvVaw32p0BiAwgvKn4j8Jlg71RD&opi=89978449>
- [12] Helge Urdal, Richard Ierna, Jiebei Zhu, Chavdar Ivanov, Amir Dahresobh, Djaved Rostom: System strength considerations in a converterdominated power system, 2015
<https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2014.0199>
- [13] MIGRATE
https://www.eles.si/Portals/0/MEDNARODNI%20PROJEKTI/MIGRATE/19109_MIGRATE-Brosura.pdf
- [14] System Strength, March 2020, System strength in the NEM explained
<https://aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/system-strength-explained.pdf>
- [15] CIGRE SCIENCE & ENGINEERING, Volume No.20, February 2021, Innovation in the Power Systems Industry, Towards System Strength
- [16] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, EVROPSKEMU SVETU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ, Evropski zeleni dogovor, Bruselj, 11.12.2019 COM(2019) 640 final
https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0015.02/DOC_1&format=PDF
- [17] Clean energy for all Europeans package
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy_en
- [18] The European Green Deal
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [19] Direktiva 2009/28/ES
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>
- [20] Renewable Energy Directive 2018/2001/EU
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>

- [21] Revised Directive EU/2023/2413
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>
- [22] ARSO,
<https://kazalci.arso.gov.si/index.php/sl/content/delez-obnovljivih-virov-v-bruto-koncni-rabi-energije-6>, datum zadnje osvežitve 09.02.2024
- [23] Solar energy
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en
- [24] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ Strategija EU za sončno energijo, 18.5.2022
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:52022DC0221>
- [25] EU wind energy, EU wind energy (europa.eu),
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/eu-wind-energy_en
- [26] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ Evropski akcijski načrt za vetrno energijo, 24.10.2023;
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0669>
- [27] UREDBA (EU) 2019/943 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 5. junija 2019 o notranjem trgu električne energije (prenovitev) (Besedilo velja za EGP)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0943>
- [28] Nasser Tleis: Power Systems Modelling and Fault Analysis -Theory and Practice, Second Edition, 2019, Elsevier
- [29] Md Ohirul Qays et al: System strength shortfall challenges for renewable energy-based power systems: A review, 2023, Renewable and Sustainable Energy Reviews 183 (2023) 113447
[System strength shortfall challenges for renewable energy-based power systems: A review \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364026723001134)
- [30] Internal energy market | Fact Sheets on the European Union | European Parliament (europa.eu)
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/45/internal-energy-market>
Internal energy market (europa.eu)
https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/en/FTU_2.1.9.pdf

Leonardo – platforma za trenutno in kratkoročno napovedovanje proizvodnje električne energije OVE

Avtor Bojan Miličič^{1,*}, David Kešelj², Iztok Špacepan³, Matjaž Eberlinc⁴

¹ Medius d.o.o., Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana

² Akson d.o.o., Leskoškova cesta 2, 1000 Ljubljana

³ Instrumentation Technologies, d.d., Velika pot 22, 5250 Solkan

⁴ Holding slovenske elektrarne d.o.o., Koprška ulica 92, 1000 Ljubljana

* Kontaktna oseba:

Bojan Miličič

Medius d.o.o.

E-pošta: bojan.milicic@medius.si

Povzetek:

Z večanjem deleža obnovljivih (fotovoltaičnih, vetrnih in malih hidroelektrarn) virov energije (OVE) v elektroenergetskem omrežju se je pri sistemskih operaterjih ter na trgu z električno energijo povečala pozornost problematiki kratkoročnega napovedovanja proizvodnje oddane moči. Ena ključnih slabosti OVE je njihova nestanovitnost. To odvisnost od zunanjih vplivov (vremena) moramo nadomestiti z drugimi viri energije.

V prispevku predstavimo delovanje platforme Leonardo, ki temelji na zbiranju podatkov o ključnih okoljskih parametrih, računalniškem vidu za spremljanje vremena in naprednih algoritmičnih strojnega učenja. Na podlagi okoljskih podatkov zbranih v realnem času lahko bistveno pripomoremo pri natančnosti napovedi proizvodnje OVE in tako vplivamo na gospodarno rabo nadomestnih sistemov in virov.

Ključne besede: OVE, platforma za zbiranje podatkov, platforma za napovedovanje, Leonardo, sončna elektrarna, napovedovanje osončenosti

1 UVOD

Z večanjem deleža obnovljivih (fotovoltaičnih, vetrnih in malih hidroelektrarn) virov energije (OVE) v elektroenergetskem omrežju se je pri sistemskih operaterjih ter na trgu z električno energijo povečala pozornost problematiki kratkoročnega napovedovanja proizvodnje oddane moči. Ključni problemi pri obratovanju obnovljivih virov energije so variabilnost in negotovost proizvodnje. Vzroke za to je možno iskati predvsem zaradi visoke odvisnosti od vremenskih vplivov. Za uspešno integracijo obnovljivih virov energije v elektroenergetski sistem je zato ključnega pomena dobra in natančna napoved proizvodnje oddane moči. Napoved, ki je v veliki meri odvisna od napovedi meteoroloških spremenljivk je ključna za stabilnost omrežja, torej za ravnotežje oddane in prejete moči v sistemu.

Merjenje vseh možnih parametrov delovanja OVE je ključen element za doseganja optimiziranega delovanja elektrarne. Najbolj pomembni dejavnik za proizvodnjo električne energije so nedvomno vremenski vplivi. Zato je ključno, da za potrebe specifičnega OVE na najbolj smotrni način, ki omogoča hitro detekcijo vremenskih

podatkov merimo tudi te. Le s popolnim nadzorom nad vsemi ključnimi podatki, iz različnih senzorjev lahko vzpostavimo platformo za bolj točno napovedovanje proizvodnje električne energije. Obenem, če imamo na razpolago tudi dodatne informacije o delovanju elektrarne in pripadajočih OVE elementih, jih lahko enostavno izrabimo tudi za potrebe prediktivnega vzdrževanja. Z njimi lahko detektiramo obrabe in druga vzdrževalna dela. S tem pa povečamo kakovost upravljanja, ki zahteva manj oz učinkovite obiske/preglede elektrarne, omogočimo oddaljen vpogled v delovanje in napovemo potrebna vzdrževanja.

Kratkoročne kot tudi srednjeročne napovedi proizvodnje lahko s pridom uporabimo kot ključen sistem pri avtomatičnemu krmiljenju elektrarne in s tem bistveno pripomoremo k bolj stabilnemu oddajanju proizvedene energije v elektroenergetski sistem. Zaradi zbiranje ključnih podatkov o delovanju pa dodatno zmanjšamo vzdrževalne in obratovalne stroške delovanja elektrarne.

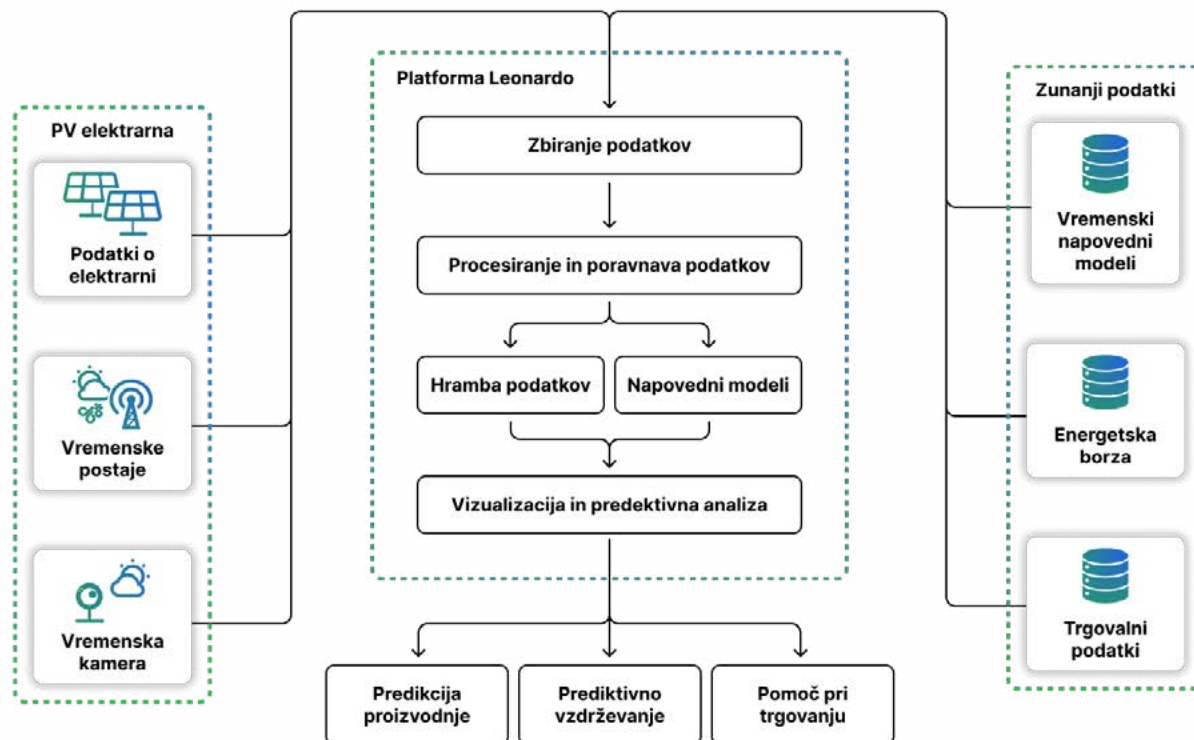
V prispevku opisujemo sistem, ki večjim sončnim elektrarnam omogoča, da v skoraj realnem času zajemajo podatke iz različnih senzorjev in podatkovnih virov in z uporabo namenskih algoritmov strojnega učenja pridobijo trenutne, kratkoročne in dolgoročne napovedi proizvodnje električne energije, ki jih nato uporabijo za izvajanje avtomatiziranih ali ročnih odločitev.

2 PLATFORMA LEONARDO

2.1. Zasnova platforme Leonardo

Za analizo informacij iz oddaljenih virov in tudi neposredno iz senzorskih sestavov na OVE, smo vzpostavili platformo, ki omogoča vzdrževalcem in tudi analitikom lažje upravljanje s podatki, enostavno pridobivanje različnih vrst vizualizacije in predvsem delo z aktualnimi (trenutnimi) podatki, ki so vsem dostopni preko interne podatkovne povezave v obliki baze podatkov. Slika 1 prikazuje osnovno visokonivojsko arhitekturo platforme za zbiranje, obdelavo in vizualizacijo velike količine podatkov. Dodana vrednost pa je enostavno vključevanje napovednih modelov v inferentni način, ki omogoča predikcije aktualnih trenutnih podatkov ali t.i. toka trenutnih podatkov. Le s tako zasnovo omogočamo pridobivanje najbolj natančnih in aktualnih predikcij v skoraj realnem času.

Pri modeliranju napovedovanja proizvodnje električne energije za potrebe PV elektrarne je bistveno vreme in točne in aktualne vremenske napovedi in aktualni podatki. Posebnost trenutnega napovednega (15 min) intervala je, da v napovedni model vključimo čim več aktualnih senzorskih podatkov. Posebnost našega pristopa se izpostavi pri napovedi osončenosti, ki ga pridobimo iz kamere, ki detektira gibanje in prepustnost oblakov. S pomočjo procesiranja tega slikovnega materiala omogočimo nove vrste značilk, ki omogočajo bolj natančno modeliranje napovednih modelov s pomočjo algoritmov strojnega učenja. V ta namen moramo zajem podatkov v platformi Leonardo omogočiti tudi za slikovni oz. video tip podatkov.



Slika 1: Visokonivojska arhitektura platforme za zbiranje, poravnavo, napovedovanje in vizualizacijo podatkov - Leonardo.

2.2. Izvedba platforme Leonardo

Za potrebe vizualizacije, analize in obdelave podatkov smo vzpostavili sistem na podlagi odprtokodnih komponent. Sistem je zasnovan na platformi Kubernetes gruče virtualnih strežnikov, ki omogoča strežbo in enostavno nameščanje različnih aplikacij, baz in podpornih programov za vizualizacijo in obdelavo podatkov [1].

Kot osnovno komponento za hranjenje podatkov smo izbrali javno dostopno (brezplačno) različico aplikacije za hranjenje in poizvedovanje po podatkih - Elasticsearch. Izbira temelji na dosedanjih izkušnjah z obdelavo podatkov v obliki časovnih vrst, jasno strukturiranim API-ju in podpori za obdelovanje in poizvedovanje po velepodatkih [2].

Arhitektura sistema predvideva štiri podatkovne tokove za zajem podatkov iz zunanjih sistemov in štiri podatkovne tokove za shranjevanje podatkov v Elastic hrambo:

- tok zajetih vremenskih modelov in ostalih zunanjih podatkov
- tok zajetih podatkov vremenskih postaj
- tok zajetih podatkov vremenske kamere
- tok zajetih podatkov o elektrarni
- tok podatkov proti Elastic hrambi

Platforma Leonardo procesira podatke tako na sami lokaciji (vremenska kamera) kot tudi v podatkovnem jezeru platforme Leonardo. Na lokaciji se izvaja sledenje in detekcija oblakov, ki je izvedena z uporabo najsodobnejših tehnik globokega učenja nevronske mreže, in sicer GAN (ang. Generative Adversarial Networks) algoritma in algoritma CNN (ang. Convolutional Neural Networks) [3]. Algoritmi se izvajajo na industrijskem računalniku, ki je nameščen na lokaciji PV elektrarne in omogoča hitro obdelavo in procesiranje sekvenčnih slik. Rezultat

napovedane osončenosti in vsi ostali podatki pa se nato zberejo v podatkovnem jezeru platforme kjer se izvaja obdelava podatkov, ki na podlagi različnih algoritmov strojnega učenja in globokih nevronske mreže izpostavi 3 modele napovedi:

- trenutno napoved, ki vsakih 5 min napove proizvodnjo za naslednjo 1h
- kratkoročno napoved, ki vsako 1h napove proizvodnjo za naslednjih 24h
- dolgoročno napoved, ki 1x dnevno napove proizvodnjo za naslednjih 5 dni

Pregled živih napovedi in podatkov je mogoč v sklopu Kibana vizualizacij, ki jih je možno tudi enostavno vgraditi v poljubne obstoječe sisteme. Prav tako je mogoč prevzem poljubnih podatkov, predvsem napovedi, ki so predvideni in načrtovani v platformi Leonardo s klicem na spletni servis posameznega modula, za potrebe prevzema podatkov v skoraj realnem času. Za vse podatke, ki jih pregledujejo ali analizirajo ljudje, je na voljo spletni servis Elasticsearch, ki omogoča tudi prevzem t.i. golih podatkov, ki jih ima na voljo v svoji podatkovni zbirki.

3 ZAKLJUČKI

Vzpostavili smo celovit sistem za vizualizacijo, analizo in obdelavo podatkov na osnovi odprtokodnih komponent, ki upravljavcem velikih sončnih elektrarn celovito pomaga pri napovedovanju proizvodnje sončne energije in s tem pomaga pri reševanju izzivov, ki jih prinašajo OVE. Platforma Leonardo je zasnovana na odprtokodnih komponentah, ki omogočajo fleksibilnost in enostavno upravljanje aplikacij, podatkovnih baz in podatkovnih tokov ter inferenco po meri izdelanih umetno inteligentnih modelov za napovedovanje proizvodnje el. energije. Sistem omogoča učinkovit zajem podatkov iz različnih virov, kot so vremenski modeli, podatki vremenskih postaj, kamere in elektrarne, kar zagotavlja nemoten pretok informacij v podatkovno jezero in s tem obdelavo podatkov v skoraj realnem času z algoritmi strojnega učenja in globokimi nevronske mrežami. Napovedni podatki so vizualizirani in izpostavljeni za potrebe odjema s strani drugih zalednih sistemov za potrebe avtomatiziranega ali človeškega odločanja.

4 ZAHVALA

Prispevek je delno financiran s pogodbo št. P-PD-NOO/00041 o dodelitvi sredstev za izvedbo PD projekta Leonardo - Platforma za napoved proizvodnje OVE el. energije v okviru Javnega razpisa ZA OKREVANJE IN ODPORNOST S PILOTNO-DEMONSTRACIJSKIMI PROJEKTI v okviru ukrepa Mehanizma za okrevanje in odpornost (investicija D: "Sofinanciranje investicij v demonstracijske in pilotne projekte", komponenta 1: "RRI – raziskave, razvoj in inovacije" (C3 K1), 3. razvojno področje: »Pametna trajnostna in vključujoča rast"), za kar se zahvaljujemo.

5 REFERENCE

- [1] Kelsey HIGHTOWER K., BURNS B., BEDA J.: Kubernetes: Up and Running: Dive into the Future of Infrastructure, 2017.
- [2] KONDA M.: Elasticsearch in Action, Second Edition, 2022.
- [3] HENSEL S., MARINOV M., KOCH M., ARNAUDOV D.: Evaluation of Deep Learning-Based Neural Network Methods for Cloud Detection and Segmentation, 2021.

Hibridni SOFC sistem za trajnostno sočasno proizvodnjo toplote in elektrike

Klemen Rola^{1*}, Sven Gruber¹, Danijela Urbanc¹, Darko Goričanec¹

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor, Slovenija

*Kontaktna oseba:

Klemen Rola

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

E-pošta: klemen.rola@um.si

Povzetek: V zadnjih letih je vidno nihanje ponudbe in povpraševanja električne energije (EE), kar lahko pripišemo hitri adaptaciji proizvodnih kapacitet obnovljivih virov. Kadar ponudba ne sledi povpraševanju, se na trgu oblikujejo cene, ki so ali izjemno visoke ali nizke. Prva situacija nastane kadar je ponudba večja kot povpraševanje, medtem ko za drugo situacijo velja obratno. Za proizvodnjo EE pri visokem povpraševanju so primerne trdno oksidne gorivne celice (SOFC), ki lahko izkoriščajo razna goriva, kot je tudi bioplín in se lahko adaptirajo na lokacijah bioplínarn. Sklapanje z zajemanjem CO₂ (CC) omogoča znižanje emisij, ta pa se lahko skupaj z vodikom v času viškov na drugi lokaciji s procesom energija v metan (P2M) pretvori v sintezni metan, ki se injicira v plinovod in nadomesti del zemeljskega plina. V primeru večjih bioplínarn, ki so blizu omrežja obstaja možnost sočasne implementacije. Implementacija SOFC na bioplínarnah prispeva k večji učinkovitosti, saj zamenja plinske motorje, zniža emisije, spodbuja krožno gospodarstvo, izboljša energetska varnost z diverzifikacijo energije in omogoča sezonsko ali dolgoročno shranjevanje energije.

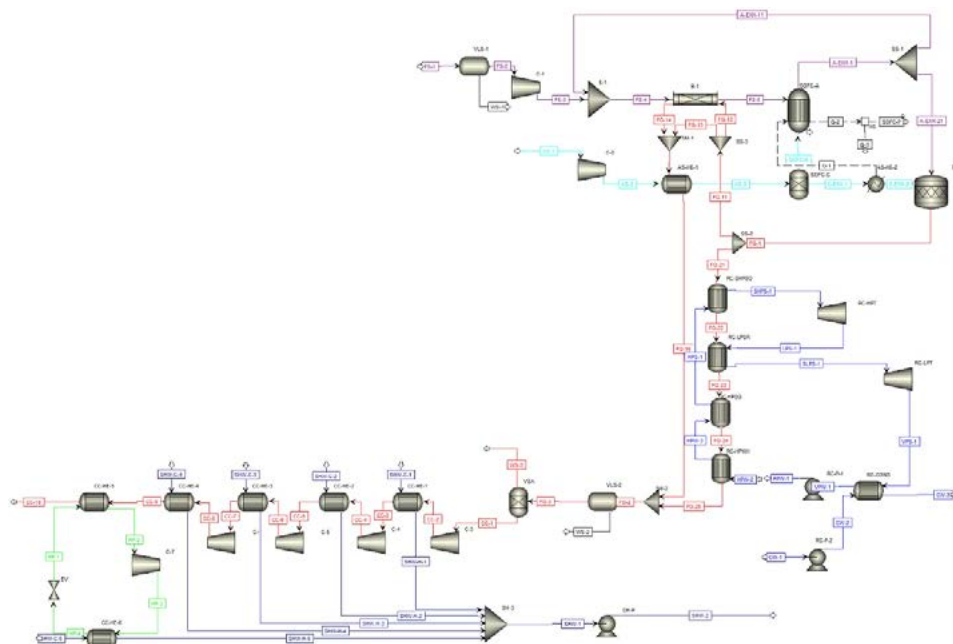
Ključne besede: Energija v Metan, trdno oksidne gorivne celice, zajemanje CO₂, bioplín.

1 UVOD

Emisije CO₂ so glavni vzrok globalnega segrevanja [1]. Čeprav imajo fosilna goriva še vedno pomembno vlogo, so obnovljivi viri bistveni za razogljičenje [2], hkrati pa se zaradi diverzifikacije energije razvijajo alternativna goriva [3]. Vodik je še posebej zanimiv saj je čisto gorivo, gorivne celice pa tako postajajo alternativa klasičnim motorjem [4]. Obstajajo različne vrste gorivnih celic, še posebej zanimive pa so SOFC zaradi učinkovitosti in prilagodljivosti na goriva. Gorivo je lahko vodik ali nosilec vodika, kot bioplín, zemeljski plín, sintezni metan, ali amonijak [5]. SOFC dosegajo električni izkoristek 45-60 % [6], hibridni sistemi pa so še učinkovitejši, in dosegajo električne in toplotne izkoristke tudi v območju 90-95% [7].

2 SIMULACIJA IN REZULTATI

S programom Aspen Plus se je simulirala SOFC z modificiranim rankinovim ciklom (MRC) in zajemanjem, shranjevanjem in uporabo CO₂ (CCUS), SOFC-MRC-CCUS, ki kot gorivo uporablja bioplín iz bioplínarne. Procesna shema je prikazana na sliki 1. Bioplín se komprimira, zmeša z obtokom iz anode gorivne celice in reformira do H₂ v reaktorju, modeliranem s kinetiko, ki sta jo razvila Xu in Froment [8]. Reformirano gorivo se vodi v gorivno celico, pri čemer se proizvede EE in toplota. Izpust vsebuje še nekaj H₂ in CH₄, zato se sežge, vroči plini pa se izrabijo delno za segrevanje reformerja in zraka, delno pa za proizvodnjo EE z MRC. Z metodo vakuumske adsorpcije (VSA) se CO₂ zajame, komprimira in na koncu utekočini z enostavnim kompresijskim ciklom amonijaka. Sproščena toplota se porabi za proizvajanje tople sanitarne vode.



Slika 1: Procesna shema hibridnega SOFC-MRC-CCUS sistema.

Simulacija je bila izvedena pri SOFC/reformer temperaturi 850/650 °C, izkoristku zraka v SOFC 0,18, razmerju para/ogljik (S/C) 2,5 in 70% izkoristku goriva v SOFC. Za tok goriva se je predpostavil, da vsebuje 61,75 mol.% CH₄, 33,25 mol.% CO₂ in 5 mol.% H₂O. Pridobljeni rezultati kažejo, da sta električni in skupni izkoristek sistema 67,70% oziroma 71,64%, medtem ko je električni izkoristek SOFC dosegal 61,18%. Parni reformer dosega konverzije 92,33 mol.% CH₄, kar kaže na učinkovito proizvodnjo vodika, hkrati pa ni bilo zasledeno, da bi reformer pri teh pogojih bil podvržen koksanju, ki vodi do uničenja katalizatorjev v reaktorju in gorivni celici. Rezultati kažejo na velike izboljšave v primerjavi z drugimi sistemi za proizvodnjo EE, hkrati pa je s sistemom mogoče proizvesti zadostno količino tople sanitarne vode za okoli 230 gospodinjstev.

3 ZAKLJUČKI

Predlagan SOFC sistem kaže dobre energetske izkoristke za popolnoma toplotno integriran sistem. Zraven EE sistem proizvaja še toploto iz procesa utekočinjanja CO₂, ki se lahko uporabi za dobavo tople sanitarne vode manjšem naselju. V nadaljevanju so možne modifikacije sheme, saj še obstaja energetski potencial za izrabo toplote iz izpusta VSA procesa, hkrati pa je mogoče shemo še optimizirati in jo sklopiti z metanacijo.

4 REFERENCE

- [1] Liu G., Ofori C., Ampong S.A., Appiah T.F., Alhassan E.A. Towards Sustainable Environment: Examining the Spatial variations of Renewable Energy, Environmental Pollution, and Economic Growth in Europe. *Energy Strategy Rev.* **2023**, 50, 101231.
- [2] Nyangchak N. Assessing Renewable Energy Efficiency and Policies: A Combined Analysis of LMDI, Super-SBM, and Fieldwork in Qinghai, China. *Energy Sustain. Dev.* **2024**, 80, 101420.
- [3] Petrovič A., Stergar J., Škodič L., Rašl N., Cenčič Predikaka T., Čuček L., Goričanec D., Urbanc D. Thermo-Kinetic Analysis of Pyrolysis of Thermally Pre-Treated Sewage Sludge from the Food Industry. *Therm. Sci. Eng. Prog.* **2023**, 42, 101863.
- [4] Kahraman H., Akin Y. Recent Studies on Proton Exchange Membrane Fuel Cell Components, Review of the Literature. *Energy Convers. Manag.* **2024**, 304, 118244.
- [5] Hagen A., Caldogno R., Sun X. Direct Ammonia SOFC—A Potential Technology for Green Shipping. *Fuel* **2024**, 365, 131238.
- [6] Sinha A.A., Srivastava K., Rajpoot A.S., Choudhary T., Pandey S.P., Sanjay. A Thermodynamic Approach to Analyze Energy, Exergy, Emission, and Sustainability (3E-S) Performance by Utilizing Low Temperature Waste Heat in SOFC–CHP–TEG System. *Int. J. Hydrogen Energy* **2024**, 63, 1088–1104.
- [7] Tariq A.H., Kazmi S.A.A., Hassan M., Muhammed Ali S.A., Anwar M. Analysis of Fuel Cell Integration with Hybrid Microgrid Systems for Clean Energy: A Comparative Review. *Int. J. Hydrogen Energy* **2024**, 52, 1005–1034.
- [8] Xu J., Froment G.F. Methane Steam Reforming, Methanation and Water-gas Shift: I. Intrinsic Kinetics. *AIChE J.* **1989**, 35, 8896.

Termična in katalitična piroliza odpadkov z namenom pridobivanja sekundarnih surovin in energentov

Luka Lešnik^{1*}, Matjaž Hriberšek¹, Timi Gomboc¹, Luka Kevorkijan¹, Gorazd Bombek¹, Julija Volmajer Valh¹ in Ignacijo Biluš¹

¹ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Luka Lešnik

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

E-pošta: luka.lesnik@um.si

Povzetek: Količina proizvedenih odpadkov narašča iz leta v leto in predstavlja velik okoljski problem. Zbrani odpadki so sestavljeni iz različnih frakcij, med katerimi imajo nekatere veliko energijsko vrednost (npr. plastika) ali pa je v njihovo izdelavo bilo vložene veliko energije in surovin (npr. kompozitni materiali). Odpadki imajo tako velik potencial, da jih uporabimo kot alternativni vir energije ali iz njih pridobimo sekundarne surovine. Eden izmed možnih načinov za pridobivanje sekundarnih surovin iz odpadkov je postopek pirolize. V predstavljenem delu povzemamo prerez dela raziskovalcev Fakultete za Strojništvo UM na področju pirolize različnih odpadkov.

Ključne besede: piroliza, odpadki, alternativni viri energije, sekundarne surovine

1 UVOD

Hiter razvoj družbe pritiska na industrijo, da zamenja konvencionalne materiale kot sta npr. les in kovine s sodobnimi materiali. Med njimi sta pogosto uporabljena plastika in različni kompozitni materiali. V primerjavi s klasičnimi materiali imajo omenjeni sodobni materiali veliko prednosti med katerimi izstopajo nizka teža, sposobnost oblikovanja v raznorazne oblike in hitri postopki izdelave (predvsem pri plastiki). V letu 2022 smo na globalni skali proizvedli več kot 400 milijonov Mt plastike in 12.7 milijonov Mt kompozitnih materialov. [1-2] Težava sodobnih materialov je ko le ti postanejo odpadek, ki ga je potrebno obdelati, saj v večini primerov klasične metode za obdelavo odpadkov niso tako učinkovite pri sodobnih materialih. Zbrani plastični odpadki so po navadi sestavljeni iz različnih frakcij, med tem ko so kompozitni materiali zgrajeni iz različnih vlaken in polimerne matrice, ki ju ne moremo enostavno ločiti.

Predstavljeni rezultati nakazujejo, da lahko s postopkom termične in katalitične pirolize pridobimo pirolizna olja, ki so po svojih lastnostih zelo podobna konvencionalnim, fosilnim pogonskim gorivom, kar omogoča njihovo uporabo v obstoječih energetskih postrojenjih. Rezultati pirolize kompozitnih materialov nakazujejo, da lahko s postopkom pirolize uspešno odstranimo polimerno matrico in tako pridobimo recikliran kompozit primeren za ponovno uporabo.

2 POSTOPEK PIROLIZE

Postopek pirolize je bil izveden v šaržnem laboratorijskem piroliznem reaktorju pri temperaturah do 450°C z in brez uporabe katalizatorja. V postopku pirolize smo uporabili različne plastične odpadke, ki smo jih pridobili iz zbranih odpadkov na Fakulteti za Strojništvo UM. Pri postopku pirolize kompozitnih materialov pa smo se osredotočili na kompozitne materiale z vgrajenimi steklenimi in ogljikovimi vlakni, ki so pogosto uporabljeni v industriji vetrnih turbin in/ali avtomobilski industriji. Med postopkom pirolize smo zajemali samo tekoči produkt.

2.1 Plastični odpadki

S postopkom termične in katalitične pirolize smo plastične odpadke uspešno obdelali in iz njih pridobili tekoči in plinski produkt ter trdni ostanek. Tekoči produkti, imenovani tudi pirolizna olja, imajo lastnosti (gostoto, viskoznost, površinsko napetost, elementarno sestavo, kurilno vrednost, ...), ki so zelo podobne fosilnim gorivom. Z uporabo katalizatorja lahko dodatno vplivamo na lastnosti dobljenih tekočih produktov, količino posameznega produkta in na skrajšanje potrebnega časa za izvedbo postopka pirolize. [3]

2.2 Kompozitni odpadki

Pri kompozitnih materialih smo s postopkom termične in katalitične pirolize uspeli odstraniti polimerno matrico in na ta način pridobiti reciklirana vlakna. Postopek je bil uspešen tako pri eno slojnih kot tudi več slojnih kompozitnih odpadkih. Po pirolizi je bilo potrebno opraviti še postopek oksidacije, s katerim smo iz površine piroliziranih kompozitnih vlaken odstranili ostanek od termičnega razpada. Končna pridobljena steklena in ogljikova vlakna so bila čista in primerna za ponovno uporabo. [4]

3 ZAKLJUČKI

Iz rezultatov predstavljene študije lahko zaključimo, da je postopek termične in katalitične pirolize primeren za termični razpad različnih vrst plastičnih in kompozitnih odpadkov. Z njegovo uporabo lahko iz odpadkov pridobimo uporabne surovine, ki jih lahko nadaljnjo uporabimo. Visoko kurilna vrednost in podobnost ostalih lastnosti dobljenih olj s fosilnimi gorivi nakazuje na to, da lahko pirolizna olja uporabimo kot aditiv ali energent v obstoječih energetskih sistemih. Pridobivanje recikliranih steklenih in ogljikovih vlaken lahko pripomore k zmanjšanju porabe energije za proizvodnjo novih (svežih) vlaken. Vidimo, da lahko z uporabo postopka pirolize izkoristimo energetski potencial odpadkov, ki bi v primeru nepravilne obravnave lahko ostal neizkoriščen.

4 REFERENCE

- [1] PLASTIC EUROPE. Plastics – the fast Facts 2023. Plastics Europe AISBL 2023.
- [2] JEC Group. Overview of the global composite market 2022-2027. JEC Observer, 2023
- [3] PALOMAR TORRES, A., TORRES JIMÉNEZ, Eloisa, KEGL, Breda, BOMBEK, Gorazd, VOLMAJER VALH, Julija, LEŠNIK, Luka. Catalytic pyrolysis of plastic wastes for liquid oils' production using ZAP USY zeolite as a catalyst. International journal of environmental science and technology. Published: 28 February 2022. ISSN 1735-1472. DOI: 10.1007/s13762-022-04023-z.
- [4] LEŠNIK, Luka, TURK, Andreja, BILUŠ, Ignacijo, VOLMAJER VALH, Julija. Recycling of glass fiber reinforced composites waste using pyrolysis process. V: *5th South East European Conference n Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems : [22-26 May, Vlorë, Albania]*. [S. l.: SDEWES], 2022. 9 str., ilustr. <https://registration.sdewes.org/SEE2022/virtcon/>.

PT2 – PRENOS IN DISTRIBUCIJA ENERGIJE

Moderatorja: Marko Hrast in Dejan Koletnik

09.00 - 11.00

Predstavitve prispevkov

- Vladimir Mauko, Tomaž Kožar: **Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v luči zelenega prehoda**
- Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš: **Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti**
- Uroš Kerin, Saša Jamšek: **Upravljanje s sredstvi elektroenergetskega omrežja in mehanizmi odločanja**
- Miha Bečan, Roman Tomažič, Mitja Antončič, Uroš Kerin: **Uvajanje sodobnih tehnologij za podporo spremljanju elektroenergetskih naprav in sistema**
- Jure Lokar, Boštjan Blažič, Leopold Herman: **Analiza pretvorniške stabilnosti pri velikem deležu pretvorniško priključene proizvodnje**
- Tadej Škrjanc, Urban Rudež: **Vloga vztrajnostnih mas v sodobnih elektroenergetskih sistemih**

ŠTIHOVA
DVORANA



Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v luči zelenega prehoda

Vladimir Mauko^{1,*}, Tomaž Kožar¹

¹ ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Vladimir Mauko

Institucija/podjetje: ELES, d.o.o.

E-pošta: vladimir.mauko@eles.si

Povzetek:

Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije opredeljuje glavno distribucijsko infrastrukturo za zagotavljanje ustreznih kapacitet, s čimer bo omogočeno priključevanje novega odjema in proizvodnje ob upoštevanju usmeritev NEPN, zagotavljanje ustrezne kakovosti oskrbe z električno energijo in ustrezno nadomeščanje obstoječe infrastrukture. Elektroenergetski sistem se sooča z velikimi spremembami, ki so posledica večanja deleža obnovljivih virov energije na strani proizvodnje, na strani porabe pa elektrifikacije prometa in ogrevanja. Te spremembe vplivajo zlasti na obratovanje in načrtovanje razvoja distribucijskega omrežja, še posebej na nizkonapetostnem nivoju. Za ugotavljanje potrebnega obsega investicijskih vlaganj, predvsem iz vidika potreb po zagotavljanju ustreznih priključnih zmogljivostih, smo pri izdelavi razvojnega načrta prvič uporabili izračune na osnovi simulacijskih modelov distribucijskega omrežja. Zasledovanje ciljem zelenega prehoda zahteva enormna dodatna vlaganja v distribucijski sistem, zato je pomembno analizirati razne ukrepe za znižanje obsega potrebnih nadgradenj in ojačitev primarne omrežne infrastrukture. Za uspešno realizacijo načrtovanih investicijskih vlaganj je potrebno zagotoviti finančne vire in motiviran strokovni kader, ki bo načrtovane investicije lahko izvajal ter upravljal z novimi tehnologijami in digitaliziranimi rešitvami.

Ključne besede: razvojni načrt, investicijska vlaganja, simulacijski modeli

1 UVOD

Zeleni prehod in pospešeno umeščanje sončnih elektrarn v vse kotičke naše države sta s svojimi zahtevami postavila distribucijskemu omrežju izredno zahteven izziv, saj ni bilo zgrajeno in načrtovano za takšen namen rabe električne energije in v tolikšnem obsegu. Razvojni načrt distribucijskega sistema naslavlja izzive, ki jih prinaša razogljičenje, decentralizacija proizvodnje in množična uvedba elektrifikacije prometa in ogrevanja. Trenutno se soočamo z enormnim naraščanjem priključevanja proizvodnih naprav s spremenljivo in težko napovedljivo proizvodnjo. Konec minulega leta je bilo na distribucijsko omrežje priključenih za 1.427 megavatov skupnih moči sončnih elektrarn, kar je za več kot 400 megavatov ali 40 odstotkov več instaliranih moči več kot leto prej. Ob koncu leta 2023 je bilo oddanih več kot 20 tisoč novih vlog za priključitev nove sončne elektrarne v sistem, prav tako samooskrbne sončne elektrarne do tega trenutka še niso postavili vsi tisti, ki so že prejeli soglasje, zato bo letos trend priključevanja gotovo podoben tistemu v letu 2023. V sistem se priključujejo nova bremena, kot posledica elektrifikacije transporta in prehoda na električno energijo kot energenta za potrebe ogrevanja. S posodobitvijo NEPN se bistveno spreminjajo določena izhodišča dolgoročnega načrtovanja razvoja elektroenergetskega sistema

in sicer zvišanje ciljev na področju vključevanja OVE in elektrifikacije ogrevanja ter prometa (elektrifikacija ogrevanja +11%, elektrifikacija prometa +26% in razpršena proizvodnja +50%). V prihodnosti pričakujemo večjo vlogo hranilnikov električne energije ter bolj aktivno vlogo uporabnikov sistema pri nudenju storitev prožnosti in storitev za agregatorje ter dobavitelje električne energije. Velik izziv bo zagotavljanje pravočasnega posodabljanja omrežja, saj nekateri ključni elementi že presegajo normalno dobo uporabe in ne odražajo več zadnjega stanja tehnike. Pri načrtovanju razvoja in gradnji omrežja vedno večjo vlogo namenjamo zagotavljanju odpornosti na ekstremne vremenske pojave, ki smo jim bili priča v zadnjih letih (žled, orkanski veter, poplave) in jih v prihodnosti lahko pogosteje pričakujemo.

2 VLAGANJA V DISTRIBUCIJSKI SISTEM DO LETA 2034

Glavni ukrepi, s katerimi bomo obvladovali izzive zelenega prehoda v prihodnjem obdobju, so naslednji:

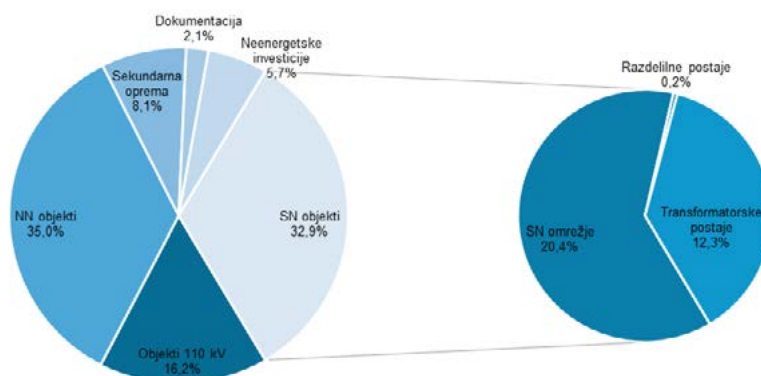
- vlaganja v primarno infrastrukturo (nadomestitev, širitev, kabela izvedba vodov),
- povečanje vodljivosti in spoznavnosti omrežja (predvsem nizkonapetostnega omrežja),
- zvišanje stopnje digitalizacije sistema in zagotavljanje kibernetske varnosti,
- vpeljava in izraba storitev prožnosti s strani uporabnikov sistema,
- nadgradnja obratovanja in načrtovanja z upoštevanjem naprednih rešitev.

2.1. Vpeljava referenčnih modelov v koncept načrtovanja razvoja

V posodobljenem razvojnem načrtu smo za načrtovanje razvoja prvič uporabili koncept načrtovanja na podlagi referenčnih modelov omrežja. Koncept temelji na uporabi reprezentativnih modelov nizkonapetostnih in srednjenapetostnih omrežij, ki omogočajo posplošitev rezultatov na celotno omrežje. Rezultati temeljijo na analizi visokega števila različnih obratovalnih scenarijev, ki so osnovani na realnih statističnih podatkih delovanja bremen, virov in obnašanja uporabnikov. Obratovalne razmere v omrežju so določene na osnovi večjega števila scenarijev obratovanja, s čimer se zajame večje število možnih obratovalnih stanj v omrežju. Naključno so menja lokacije priključevanja sončnih elektrarn, električnih vozil in toplotnih črpalk, s čimer ponazorimo negotovost glede lokacije novih elementov omrežja.

2.2. Obseg vlaganj

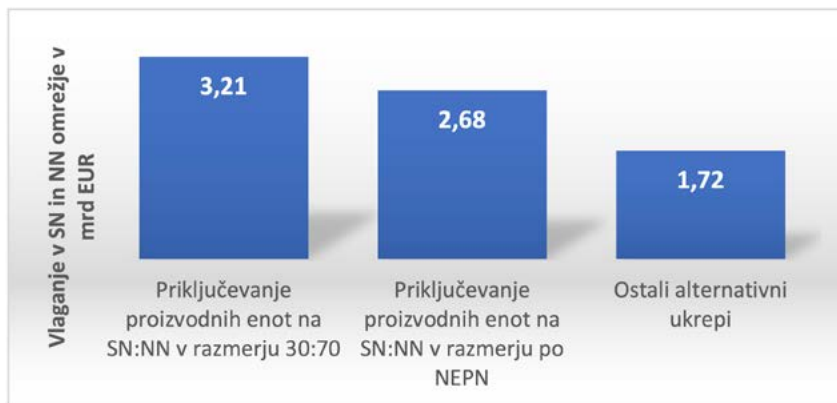
Skupna ocena potrebnih finančnih sredstev za realizacijo zastavljenih ciljev za prihodnje desetletno obdobje znaša 3,9 mrd EUR. Glavnino investicijskih vlaganj (68 %) predstavljajo klasična vlaganja v nizko in srednjenapetostno omrežje. Del vlaganj v skupini sekundarna oprema je namenjen za napredne tehnologije, digitalizacijo in storitve za uporabnike sistema.



Slika 1: Struktura vseh investicijskih vlaganj za obdobje od leta 2025 do 2034

2.3. Predlogi ukrepov za znižanje obsega vlaganj in bolj vzdržen zeleni prehod

Rešitve v okviru razvoja omrežja obsegajo tako ojačitve omrežja kot tudi druge rešitve, ki omogočajo bolj vzdržen zeleni prehod in s tem manjši vpliv na potreben obseg investicijskih vlaganj v distribucijsko omrežje. Na osnovi simulacijskih modelov smo analizirali posamezne ukrepe za katere ocenjujemo, da imajo velik potencialni učinek na znižanje potrebnih investicijskih vlaganj.



Slika 2: Ocena vlaganj v SN in NN omrežje do leta 2034 ob upoštevanju različnih ukrepov

Najprej smo analizirali različna razmerja priključevanja proizvodnih enot na SN in NN napetostni nivo. Primerjali smo priključevanje proizvodnih enot v nespremenjenem deležu na SN in NN napetostni nivo v razmerju 30:70 ter priključevanje na način kot jih predvideva posodobljen NEPN.

Preglednica 1: Način priključevanja proizvodnih enot v posodobljenem NEPN-u.

Napetostni nivo/ Leto	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NN	73 %	56 %	48 %	44 %	41 %	40 %
SN	27 %	45 %	52 %	56 %	59 %	60 %

Po opravljeni analizi na podlagi spremenjenega deleža priključevanja po napetostnih nivojih smo ugotovili precejšen potencial za znižanje potrebnega obsega investicijskih vlaganj v višini 530 mio EUR. Ker mora biti razvojni načrt usklajen s posodobljenim NEPN, smo nižji obseg vlaganj predvideli že v posodobljenem razvojnem načrtu. Predstavljen ukrep kaže, kako velik vpliv ima razporeditev priključevanja proizvodnih enot med SN in NN napetostni nivo. Za lažje in bolj učinkovito povečanje deleža OVE podpiramo gradnjo večjih proizvodnih enot, ki se vključujejo neposredno ali v transformatorske postaje ali na višji napetostni nivo (srednenapetostni in visokonapetostni nivo). Prav tako vidimo večji potencial v energetskih skupnostih, v katere se lahko vključujejo uporabniki, ki zaradi zasedenosti distribucijskega omrežja ne morejo priključiti lastne proizvodne enote, uporabniki, ki ne razpolagajo z ustreznimi površinami za namestitev proizvodne enote in vsi ostali uporabniki, ki bi želeli sodelovati v zelenem prehodu.

Nabor ostalih ukrepov vključuje rešitve na nivoju distribucijskega sistema in bolj aktivno sodelovanje uporabnikov sistema. Ukrepi obsegajo:

- sistematična uporaba napredne regulacije napetosti s pomočjo VN/SN transformatorja,
- obratovanje sistema bližje dopustnim omejitvam,
- dodatno prilagajanje odjema predvsem s strani električnih vozil in toplotnih črpalk,
- regulacija napetosti s pomočjo omejevanja delovne moči sončnih elektrarn, uporaba karakteristike P(U).

Po opravljeni analizi z uporabo zgoraj navedenih ukrepov smo ugotovili dodaten potencial za znižanje potrebnega obsega investicijskih vlaganj v ocenjeni višini 960 mio EUR. Uporabnik ima možnost, da energijo, ki je v določenih obdobjih ne bi mogel oddati v distribucijski sistem, ustrezno shrani ali vzpostavi upravljanje z rabo energije na lokalnem nivoju, to je za števcem med javnim in privatnim omrežjem. Posamezne ukrepe bo potrebno pred implementacijo podrobneje analizirati in preučiti njihovo možnost in obseg implementacije ter posledice na načrtovanje razvoja in obratovanje distribucijskega sistema.

3 ZAKLJUČKI

Za uresničitev zelenega prehoda bo bistvena naloga zagotavljanje ustreznih kapacitet v elektroenergetskem omrežju. To lahko dosežemo le z ustrezno širitvijo in izgradnjo le tega, vlaganja v napredne tehnologije in inovativne rešitve ter aktivno sodelovanje uporabnikov sistema pa bodo pripomogla k temu, da bo vpliv novega modela oskrbe z električno energijo na elektroenergetsko omrežje bolj vzdržen. Uresničitev ambicioznih načrtov ni odvisna le od zagotovljenih finančnih virov, temveč predvsem tudi od zmožnosti dejanske izvedbe takega obsega naložb ob zagotovitvi motiviranega strokovnega kadra, ki bo te investicije izvedel ter upravljal z novimi tehnologijami in digitaliziranimi rešitvami.

4 REFERENCE

- [1]ELES d.o.o.: Razvojni načrt distribucijskega sistema električne energije v Republiki Sloveniji od leta 2025 do leta 2034 (osnutek), Ljubljana, 2024.
- [2]Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani.: Načrtovanje distribucijskega omrežja Slovenije od leta 2025 do 2034 na podlagi referenčnih modelov (študija), Ljubljana, 2024.
- [3]Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani.: Analiza možnih ukrepov za znižanje potrebnega obsega investicijskih vlaganj pri načrtovanju distribucijskega omrežja (osnutek študije), Ljubljana, 2024.

Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti

Jerneja Bogovič^{1,*} in Miloš Pantoš¹

¹ Laboratorij za elektroenergetske sisteme, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Jerneja Bogovič

Institucija/podjetje: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: jerneja.bogovic@fe.uni-lj.si

Povzetek: Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti omogočajo, da so proizvodne enote ter porabniki, v zameno za plačilo, na voljo za proizvodnjo ali zmanjšano porabo električne energije, kadar je to potrebno. Ker mehanizmi za zmogljivost obstajajo sočasno s trgom, lahko povzročijo težave na notranjem trgu Evropske unije, zato je njihova uvedba zelo omejena z zakonodajo.

V okviru prispevka je narejena analiza zakonodaje z glavnimi poudarki ter pregled trenutnega stanja implementacije po državah Evropske unije. Zaznati je trend naraščanja stroškov zaradi aktivacije mehanizmov za zmogljivost ter hkrati tudi povečanja potreb po uvedbi dodatnih/novih mehanizmov.

Ključne besede: Mehanizmi za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti, pričakovano tveganje izpada napajanja (LOLE).

1 UVOD

Zaradi povečanega deleža obnovljivih virov energije je Evropska unija prepoznala potrebo po zagotavljanju zadostnih proizvodnih zmogljivosti, z namenom, da se ohrani nemotena oskrba z električno energijo. Posledično je na zakonodajni ravni določila aktivnosti na področju zadostnosti virov. Pri tem je ena izmed ključnih nalog letno izvajanje evropske ali/in nacionalne ocene zadostnosti virov z oceno kazalnika pričakovanega tveganja izpada napajanja (LOLE, angl. Loss of Load Expectation). V kolikor se zaznajo težave z zadostnostjo virov, lahko zadevne članice kot skrajni ukrep uvedejo mehanizme za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti bodisi v obliki strateških rezerv bodisi v obliki tržnih mehanizmov za zmogljivost. S temi ukrepi se zagotavlja finančna vzdržnost proizvodnih enot, ki so ključne za zanesljivost oskrbe, hkrati pa se preprečuje izkrivljanje trga in spodbuja čezmejno trgovanje z električno energijo.

V prispevku je narejen pregled zakonodaje na področju mehanizmov za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti in implementacija v prakso.

2 PREGLED ZAKONODAJE

V okviru evropske zakonodaje je glavni dokument, ki se nanaša na mehanizme za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti, Uredba (EU) 2019/943 o notranjem trgu električne energije [1], ki v okviru poglavja IV – Zadostnost virov od člena 20 do 27 opredeljuje aktivnosti na področju zadostnosti virov ter postopek uvedbe mehanizmov za zmogljivost.

Pri tem je glavna naloga ENTSO-E, da na letni ravni izvede evropsko oceno zadostnosti virov, za kar vse podatke posredujejo operaterji prenosnih sistemov. Hkrati uredba dovoljuje, da lahko za namen dopolnitve evropske ocene zadostnosti virov države članice opravijo tudi nacionalno oceno zadostnosti virov. V kolikor evropska in/ali nacionalna ocena zadostnosti odkrije težavo v zvezi z zadostnostjo virov, morajo zadevne države članice opredeliti regulativna izkrivljanja ali pomanjkljivosti trga, ki so težave povzročile ali prispevale k njihovemu nastanku, in pripraviti načrt za izvedbo s časovnim načrtom za sprejetje ukrepov za odpravo vseh odkritih regulativnih izkrivljanj ali pomanjkljivosti trga. Zadevne države članice predložijo svoje načrte za izvedbo Evropski komisiji v pregled, ki v roku 4 mesecev izda mnenje o načrtu.

Za odpravo težav z zadostnostjo virov lahko kot skrajni ukrep zadevne države članice uvedejo mehanizme za zmogljivost za dobo do 10 let, ki so lahko v obliki strateških rezerv, v kolikor se lahko s tem reši težave, ali v obliki tržnih mehanizmov za zmogljivost. Interes Evropske unije je, da bi v mehanizmi za zmogljivost sodelovale proizvodne enote iz obnovljivih virov električne energije ter prilagajanje odjema, zato je v uredbi zapisala zahtevo glede omejitve emisij CO₂, ki znaša 550 g CO₂ od fosilnih goriv na kWh električne energije. Ker pa je leta 2022 prišlo v Evropi do energetske krize, je v okviru reforme trga z električne energije predvideno, da lahko po letu 2025 v mehanizmi za zmogljivost sodelujejo tudi tiste proizvodne enote, ki presegajo zgoraj navedeno omejitev, pri čemer je obratovanje v okviru mehanizmov za zmogljivost omejeno na eno leto [2].

Hkrati z uvedbo mehanizmov za zmogljivost pa morajo zadevne države članice sprejeti tudi standard zanesljivosti, izražen kot pričakovana nedobavljena energija in pričakovani izpad napajanja ter vrednost nedobavljene električne energije, ki bi bila podlaga za določitev višine nadomestila za sodelovanje v mehanizmi za zmogljivost ter višine kazni nezanesljivim ponudnikom.

3 PREGLED STANJA PO EVROPI

V okviru evropske ocene zadostnosti virov je zaznati težave z zadostnostjo virov na vedno večjem področju Evropske unije, vendar ima ljub temu mehanizme za zmogljivost uvedenih le osem držav, tj. Belgija, Finska, Francija, Irska, Italija, Nemčija, Poljska in Švedska.

Pri tem imajo Finska, Nemčija in Švedska uvedene mehanizme za zmogljivost v obliki strateških rezerv, pri čemer Švedska zaradi povečanih potreb po kapacitetah predvideva prehod na tržne mehanizme za zmogljivost. Prav tako imajo ostale države (Belgija, Francija, Irska, Italija ter Poljska) uvedene tržne mehanizme za zmogljivost, v okviru katerih lahko sodelujejo tudi sosednje države, s katerimi je zadevna država električno povezana, in se podeljujejo na podlagi avkcij. Tako lahko teoretično tudi slovenske proizvodne enote sodelujejo v italijanskih mehanizmi za zmogljivost.

Portugalska in Španija imata poseben status, saj nimata uvedenih aktivnih mehanizmov za zmogljivost, ampak imata sklenjene zgodovinske dolgoročne pogodbe za zagotavljanje zmogljivosti, zato sta izvzeti iz zgornjih pravil.

4 ZAKLJUČKI

V prispevku je narejen pregled stanja na področju mehanizmov za zmogljivost v Evropski uniji. V prvem delu je narejen pregled zakonodaje, v drugem delu pa implementacija mehanizmov za zmogljivost v praksi. Na podlagi analize je zaslediti trend naraščanja potreb po novi ali dodatni uvedbi mehanizmov za zmogljivost, predvsem na račun zapiranja starih elektrarn ter izgradnje novih elektrarn, ki so nestanovitnega karakterja. Ker se v evropski oceni zadostnosti virov pojavljajo signali o težavah z zadostnostjo virov tudi za Slovenijo, bi bilo tudi pri nas smiselno razmisliti o uvedbi mehanizmov za zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti.

5 REFERENCE

- [1] Uredba (EU) 2019/943 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. junija 2019 o notranjem trgu električne energije, Uradni list Evropske unije, junij 2019.
- [2] Reforma zasnove trga z električno energijo: Svet in Parlament dosegla dogovor, Svet Evropske Unije, december 2023.

Upravljanje s sredstvi elektroenergetskega omrežja in mehanizmi odločanja

Uroš Kerin^{1,*} in Saša Jamšek¹

¹ ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Uroš Kerin
ELES, d.o.o.
E-pošta: uros.kerin@eles.si

Povzetek:

Družba Eles je operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja. Portfelj fizičnih sredstev družbe obsega klasične in napredne elektroenergetske naprave, visokonapetostne elemente in infrastrukturo, servisna orodja in vozila, poslovne in energetske stavbe ter druga sredstva, ki jih družba potrebuje za opravljanje osnovne dejavnosti. Družba s sredstvi upravlja skladno z mednarodno uveljavljenimi koncepti, standardi in zavezami zelenemu prehodu.

Eden izmed ključnih elementov upravljanja s sredstvi v novi energetske realnosti so podatki o sredstvih. Ti podatki so lahko različnih vrst in oblik ter lahko nosijo poslovne, tehnične ali obratovalne informacije. Za sprejemanje utemeljenih odločitev je običajno primeren preplet širokega nabora podatkov. Kazalniki učinkovitosti in uspešnosti, trendi, relacije, stanje naprav, delovne ure, izpadi, stroški nabave, delovanja, vzdrževanja in nenazadnje vsebnost toplogrednih plinov ali CO₂ intenzivnih materialov so samo nekateri aspekti, ki za argumentirano presojo potrebujejo izvirne in izvedene podatke s terena ali informacijskih sistemov.

V prispevku bodo avtorji predstavili vlogo podatkovne analitike v upravljanju s sredstvi v družbi Eles, d.o.o., in izpostavili dobre prakse preteklega obdobja z možnostjo uporabe tudi v zeleni energetske prihodnosti. Prav tako bodo poskusili opozoriti na ključne problematike modernih digitalnih tehnologij, saj vpeljava modernih rešitev ne pomeni nujno tudi boljšega upravljanja s sredstvi.

Ključne besede: podatek, analitika, kazalniki, upravljanje s sredstvi, odločanje

1 U VOD

Upravljanje s sredstvi je ključnega pomena za podjetja, ki upravljajo z velikim številom sredstev in so vitalnega pomena za družbo. Družba Eles je operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja. Portfelj fizičnih sredstev družbe obsega klasične in napredne elektroenergetske naprave, visokonapetostne elemente in infrastrukturo, servisna orodja in vozila, poslovne in energetske stavbe ter druga sredstva, ki jih družba potrebuje za opravljanje osnovne dejavnosti. Družba s sredstvi upravlja skladno z mednarodno uveljavljenimi koncepti, standardi in zavezami zelenemu prehodu.

2 U PRAVLJANJE S SREDSTVI IN INFORMACIJSKA PODPORA

Upravljanje s sredstvi je lahko učinkovito samo, če je podprto s kakovostnimi podatki in ustrezno analitiko za podporo odločanju.

2.1 Upravljanje s sredstvi

Po mednarodnem standardu ISO 55000: 2014 [1] je upravljanje s sredstvi definirano kot splet koordiniranih aktivnosti družbe za realizacijo vrednosti s sredstvi. Upravljanje s sredstvi se loči od ostalih sistemov upravljanja z osredotočanjem na upravljanje s sredstvi v življenjskem ciklu in pristope k odločanju. Pri ustvarjanju vrednosti poskuša uravnovežiti stroške, tveganja in priložnosti ter koristne učinke. Koristi upravljanja s sredstvi so predvsem izboljšana finančna učinkovitost, odločanje o investicijah na osnovi boljših informacij, boljše obvladovanje tveganj, izboljšane storitve, večja socialna odgovornost, skladnost z zakonodajo in zahtevami deležnikov, izboljšan ugled in podoba družbe, izboljšan trajnostni razvoj ter izboljšana učinkovitost in uspešnost delovanja družbe. Družba ELES je z letom 2014 certificirana tudi po standardu ISO 55001. S sistemom upravljanja s sredstvi obvladovana skupina sredstev bistveno pripomore k usklajenemu izvajanju poslanstva družbe ELES in vseh korporativnih aktivnosti in procesov. Z zanesljivim upravljanjem elektroenergetskega sistema je zagotovljeno, da uporabniki dobijo kar od družbe ELES pričakujejo - zanesljiv in stabilen prenos električne energije.

2.2 Informacijska podpora

Strategija informacijske podpore upravljanju s sredstvi se osredotoča na razvoj enajstih področij: skladnost, strategija informacijskih sistemov, standardi, informacije o življenjskem ciklu, nadzor / spremljanje, interni nadzor, primerjave znotraj industrije, organizacija in zaposleni, procesi, programska oprema ter odločitve pri upravljanju s sredstvi. S stalnim razvojem omenjenih enajstih področij strategije družba zagotavlja celovito informacijsko podporo aktivnostim upravljanja s sredstvi in mehanizme podatkovno podprtega odločanja.

Udejanjanje strategije je neposredno povezano z vlogo Diagnostično analitskega centra (DAC), ki zagotavlja podporo upravljanju s sredstvi in deležnikom ter izvaja poizvedbe in analitične aktivnosti, izračune kazalnikov izrabe in stanja sredstev, skrbi za nivo in razvoj programskih orodij, učinkovito izkoriščanje monitoring sistemov, razvoj kompetenc, prenos ekspertnih znanj, jamčenje primerne kvantitete in kvalitete surovih podatkov, kredibilnost, razpoložljivost in odzivnost.

DAC zagotavlja:

- analitično podporo upravljanju s sredstvi,
- analitično podporo nosilcem odločanja,
- posredovanje referenčnih podatkov,
- raziskave in razvoj na segmentu interneta stvari in modernih digitalnih tehnologij in
- podporo izvajanju stikov z javnostmi.

Ključna dodana vrednost DAC pri odločanju je zagotavljanje kakovostnih podatkov in priprava vizualizacij, ki s prepletanjem tehničnih, obratovalnih in poslovnih podatkov kompleksne vsebine pretvarjajo v verodostojne informacije. Poleg navedenega je poročanje deležnikom z ustanovitvijo DAC postavljeno na novo raven, saj je njegova vloga pri izvajanju te aktivnosti nepogrešljiva.

Pri upravljanju s sredstvi je ključnega pomena kar se da pregledno in konsistentno odločanje na osnovi kakovostnih informacij. Eden izmed ključnih elementov upravljanja s sredstvi v novi energetske realnosti so podatki o sredstvih. Ti podatki so lahko različnih vrst in oblik ter lahko nosijo poslovne, tehnične ali obratovalne informacije.

DAC ima ključno vlogo tudi pri spremljanju izvajanja aktivnosti upravljanja s sredstvi, saj pripravlja vizualizacije za spremljanje doseganje zastavljenih ciljnih vrednosti strateških ciljev upravljanja s sredstvi, izvajanja aktivnosti za realizacijo planov upravljanja z vrsto sredstev, učinkov upravljanja s sredstvi oziroma ustvarjanja vrednosti s sredstvi, itd. Vizualizacije pripravlja in nadgrajuje DAC na osnovi ustreznih zahtevkov.

S pomočjo podatkovne analitike podjetje izboljša zanesljivost omrežja, optimirajo stroške vzdrževanja in poveča zadovoljstvo uporabnikov.

3 PODATKOVNA ANALITIKA IN ODLOČANJE PRI UPRAVLJANJU S SREDSTVI

Podjetje, ki upravlja elektroenergetsko omrežje, zbira podatke iz različnih virov, kot so senzorji na transformatorjih, podatki o vremenskih razmerah, zgodovina vzdrževanja in podatki o preteklih okvarah.

Za sprejemanje utemeljenih odločitev je običajno primeren preplet širokega nabora podatkov. Kazalniki

učinkovitosti in uspešnosti, trendi, relacije, stanje naprav, delovne ure, izpadi, stroški nabave, delovanja, vzdrževanja in nenazadnje vsebnost toplogrednih plinov ali CO₂ intenzivnih materialov so samo nekateri aspekti, ki za argumentirano presojo potrebujejo izvirne in izvedene podatke s terena ali informacijskih sistemov.

Skladno z uveljavljenim modelom upravljanja s sredstvi v družbi ELES se zahteve glede odločanja pri upravljanju s sredstvi odražajo v vsebinskem sklopu, ki obsega naslednje vsebine:

- odločanje o investicijskih vlaganjih,
- odločanje pri delovanju in vzdrževanju sredstev,
- ustvarjanje vrednosti v življenjskem ciklu sredstev,
- strategija zagotavljanja virov in
- strategija obvladovanja zaustavitev in izpadov delovanja sredstev.

Primerov dobrih praks uporabe analitike v upravljanju s sredstvi je več. Čeprav so ti primeri po vsebini in namenu različni, pa vsi temeljijo na kakovostnih podatkih in vzpostavljenih informacijskih tokovih. Nekatere dobro sprejete rešitve in uvedeni mehanizmi v korporativno okolje so:

- popolnitev podatkovnih baz in identifikacija uporabnikov podatkov,
- uvedba indeksov kakovosti za zagotavljanje kakovosti podatkov v podatkovnih bazah,
- vizualizacije poslovnih in tehničnih podatkov z dostopom za vse zaposlene,
- uvedba enotnega sistema zahtevkov po podatkih za celotno družbo na enem mestu,
- uvedba mehanizmov za zagotavljanje podatkov skozi delovne procese,
- integracija IT in OT informacijskih okolij in prepletanje poslovnih, tehničnih in procesnih podatkov na enem mestu,
- izobraževanja in osveščanje pomembnosti kakovostnih podatkov,

Uvajanje novih tehnologij za podporo upravljanju s sredstvi in odločanje na podlagi podatkov opozori tudi na nekaj ključnih izzivov, ki zahtevajo preudarno ravnanje. Podajamo jih v naključnem vrstnem redu:

- nove digitalne rešitve morajo imeti znanega uporabnika in namen uporabe, brez uporabnika tudi najboljše orodja ne dosežejo modernizacije in učinkovitosti,
- digitalizacija in uvedba digitalnih rešitev običajno pomeni nove vsebinske in razvojne možnosti, zato je največkrat povezana z dodatnimi zaposlenimi,
- uvedba, upravljanje in razvoj digitalnih orodij praviloma zahtevajo kompetence različnih domen,
- ključni povzročitelj digitalizacije in avtomatizacije so vsebinski uporabniki in ne IT oddelki,
- digitalne rešitve za maksimalne učinke v upravljanju s sredstvi in kredibilno odločanje na podlagi podatkov zahtevajo integracijo različnih informacijskih okolij, kar lahko izzove konzervativno držo nekaterih razvojnih načrtov in v ospredje postavi vprašanja kibernetske varnosti.

4 ZAKLJUČKI

Družba ELES je s pridobitvijo standarda ISO 55001 naredila velik korak naprej v preglednosti upravljanja s sredstvi, z uvedbo modernih rešitev združenih v Diagnostično analitskem centru (DAC) pa pokazala, da te pomenijo tudi boljše upravljanje s sredstvi.

5 REFERENCE

- [1] ISO, ISO 55001: 2014 Asset management — Management systems — Requirements, ISO, 2014.

Uvajanje sodobnih tehnologij za podporo spremljanju elektroenergetskih naprav in sistema

Miha Bečan^{1,*}, Roman Tomažič¹, Mitja Antončič¹ in Uroš Kerin¹

¹ ELES, d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Miha Bečan

Institucija/podjetje: ELES, d.o.o.

E-pošta: miha.becan@eles.si

Povzetek: Diagnostično analitski center (DAC) družbe ELES, d.o.o. je ključni center za posredovanje referenčnih podatkov in zagotavljanje analitične podpore pri odločanju v družbi. To pomeni predvsem aktivno podporo Področju za upravljanje s sredstvi in projekti pri sprejemanju odločitev in upravljanju s sredstvi skozi vse faze življenjskega cikla naprav—od načrtovanja, vzdrževanja in diagnostike do zamenjav, razgradnje in investicij.

Več pridobljenega znanja in več razpoložljivih informacij vodi k sprejemanju boljših odločitev. Pri tem je pomembno tudi poznavanje kvalitete informacij, postopkov njihovega pridobivanja ter njihove uporabe v procesu odločanja.

Predmetni referat obravnava različne strategije in sistematične pristope pri uvajanju sodobnih tehnologij za zajemanje, centralizirano obdelavo in vizualizacijo informacij. To vključuje vpeljavo IoT naprav za spremljanje stanja posameznih sredstev elektroenergetskega sistema ter sistema kot celote z namenom boljšega poznavanja omrežja in ocenjevanja stanja naprav že med njihovim obratovanjem. Senzorji kot en viri podatkov so lahko integrirani z namenski SCADA sistemi in prikazani v obliki digitalnih dvojčkov, v 3D BIM modelih ter drugih namenskih platformah.

Ključne besede: IoT, ugotavljanje stanja, analitika, diagnostika, SCADA, digitalni dvojček, BIM

1 UVOD

Družba ELES, d.o.o., je operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja, katerega osnovna naloga je zagotavljanje varnega, zanesljivega in učinkovitega obratovanja ter vzdrževanja prenosnega in distribucijskega sistema.

V maju 2024 je ELES pod pokroviteljstvom Področja za upravljanje s sredstvi in projekti (PUSP) uspešno zaključil certifikacijsko presojo sistema upravljanja s sredstvi po standardu ISO 55001:2014. S tem dosežkom je družba izpolnila enega izmed ključnih strateških ciljev, zastavljenih v Dolgoročnem strateškem planu za obdobje 2021-2025.

Diagnostično analitski center (DAC) [1] je center za posredovanje referenčnih podatkov ter zagotavlja podatkovno in analitično podporo odločanju v družbi ELES. Slednje v veliki meri pomeni tudi podporo Področju za upravljanje s sredstvi in projekti (PUSP) pri odločanju in upravljanju s sredstvi v vseh fazah življenjskega cikla elektroenergetskih naprav, vključno s planiranjem vzdrževanja, diagnostike, zamenjav naprav kot tudi pri investicijah v infrastrukturo elektroenergetskega omrežja. V praksi DAC od svoje ustanovitve z analizami, storitvami, razvojem orodij in vizualizacijami poleg PUSP podpira vsa preostala področja družbe.

Podatkovna podpora DAC vključuje ključne aktivnosti za učinkovito upravljanje s podatki. Najprej je treba opredeliti obstoječe vire podatkov in izvesti njihovo klasifikacijo ter strukturiranje za lažjo uporabo. Hkrati se vzpostavljajo novi podatkovni viri in izvaja digitalizacija procesov za optimizacijo zbiranja in obdelave podatkov. Poudarek je na povečanju izkoriščanja podatkov v različnih procesih in spremljanju kakovosti podatkov, da se zagotovi njihova zanesljivost. Pomemben del je tudi priprava namenskih vizualizacij in poročil, ki podpirajo procese odločanja in upravljanja s sredstvi. Te dejavnosti zagotavljajo celovito podatkovno podporo in omogočajo izboljšanje operativne učinkovitosti v družbi.

Namen referata je osvetliti pomen sistematičnega pristopa pri uvajanju sodobnih tehnologij za podporo spremljanja elektroenergetskih naprav in sistema s fokusom na podpori procesom upravljanja s sredstvi in doseganja zahtev standarda ISO 55001.

2 IZKUŠNJE IN PREDNOSTI UPRAVLJALCA OMREŽJA

Na trgu je poplava komercialnih rešitev za podporo upravljanju s sredstvi, preizkušanje in diagnostiko ter monitoring. To je bilo močno razvidno tudi med razstavljalci na pravkar končani CIGRE Paris Session 2024.

Nekatere od obstoječih rešitev so na trgu prisotne že dalj časa in tudi širše implementirane pri upravljalcih omrežja, medtem ko so druge razmeroma nove in implementirane na nekaterih pilotnih projektih. Zrelost tehnologij je zelo različna tako z vidika TRL (angl. Technology Readiness Level) kot tudi MRL (angl. Manufacturing Readiness Level). Med seboj se razlikujejo tudi glede na nivo prilagoditve prepoznanim potrebam in vzpostavljenim procesom končnih uporabnikov. Nove in sodobne rešitve so pogosto oblačne, kar omogoča njihovo neprestano nadgrajevanje, in se jih močno povezuje z uporabo umetne inteligence.

Na podlagi izkušenj ugotavljamo, da so posamezne tehnologije ob prvem pojavu na trgu praviloma še v razvoju. Podobno velja, dokler so njihove reference na podlagi pilotov in ne celostne uvedbe in vključitve v procese upravljalcev omrežja.

Pri uvajanju novih tehnologij je pilotiranje oz. aktivno, lahko tudi razvojno, sodelovanje proizvajalcev posameznih rešitev s upravljalci omrežja zaželeno in povratne informacije od končnih uporabnikov nujne. Ob tem pa mora proizvajalec oz. ponudnik rešitve sicer odkrito priznati, da z razvojem končnega produkta še ni končal, zato mora sam prepoznati potrebo po aktivni vključitvi končnih uporabnikov.

Končni uporabnik oz. upravljalec omrežja lahko k mizi prinese veliko. Najpomembnejše so že:

- pridobljeno znanje in izkušnje,
- poznavanje specifik že vzpostavljenih notranjih procesov in možnosti njihove prilagoditve,
- poznavanje tehničnih in organizacijskih problemov,
- poznavanje obstoječih relevantnih tehničnih sistemov in virov podatkov ipd.

Nenazadnje možnost posvetovanja različnih podatkovnih virov tako novih kot obstoječih med seboj za iskanje dodatnih uporabniških primerov oz. dodane vrednosti.

3 IZZIVI PRI IMPLEMENTACIJI

Pri uvajanju novih sistemov se srečamo s številnimi izzivi, katere je potrebno sistematično nasloviti. Prioritizacija potencialnih tehnologij za uvedbo se lahko izvaja s strani projektne skupine, kjer je potrebno upoštevati vsaj vidik:

- dejanska zmožnost izvedbe in
- pričakovane vrednost za družbo.

Primeri, kjer se lahko išče potencialna pričakovana vrednost za družbo, so na primer:

- zaznavanja parametrov degradacije z uporabo IoT naprav,
- zaznavanje in spremljanje trendov degradacije, ki vodijo v končno neželeno stanje,
- načini za preprečitev končnega neželenega stanja oz. izpada,
- podaljšanje življenjske dobe naprav,
- pridobivanje podatkov za izvajanje vzdrževanja po stanju naprav,
- pridobivanje podatkov za razvoj KPI za podporo procesom odločanja,
- zmanjševanje stroškov diagnostike,
- zmanjševanje števila in trajanja izklopov za ugotavljanje stanja naprav,
- možnosti za razbremenitev vzdrževalnih skupin na terenu,
- povečanje frekvence vzorčenja parametrov,
- pridobivanje vrednosti parametrov v realnem času,
- poenostavitev pridobivanja parametrov stanja,
- načini zmanjševanja možnosti nastanka napak,
- možnosti za povečanje kakovosti podatkov,
- preučitev omejitve, obratovanja in uporabnosti komercialno dostopnih IoT naprav,
- razvoj namenskih IoT naprav z vključitvijo zunanjih partnerjev,
- pridobivanje in zagotavljanje podatkov o obratovanju in stanju naprav,
- omogočanje razvoja in uporabe ustreznih modelov za obvladovanje tveganj sredstev in povezane analitike (fokus investicijskega vlaganja bo na pridobivanju ustreznih podatkov za prepoznavanje stanja sredstev in tveganj),
- vzpostavitev enotne platforme za shranjevanje, obdelavo in vizualizacijo pridobljenih podatkov,
- pridobivanje podatkov za uvajanje napredne analitike (umetne inteligence, strojnega učenja).

Ocena zmožnosti izvedbe temelji na trenutnem stanju v družbi in poznavanju problematike ter trenutno znanih razpoložljivih virih in sredstvih. Zato je potrebno razumeti delovanje novih sistemov, da lahko rezultate spremljamo in interpretiramo.

Prav tako je pomembno razumeti konstrukcijsko zasnovo sistemov. Nekateri sistemi so zasnovani, preizkušeni in certificirani za obratovanje v industrijskih okoljih v katerih so izpostavljenih elektromagnetnim motnjam okolijskim vplivom in podobno. Po drugi strani pa nekateri sistemi nikoli niso bili v popolnosti preizkušeni v takem okolju.

V kolikor so sistemi in informacije, ki jih zagotavljajo, ključni za procese družbe je smiselno da je tudi izbrana konstrukcija le-teh primerna. V kolikor so sistemi le podporni, torej prispevajo k boljšemu razumevanju in pridobivanju dodatnih informacij in nerazpoložljivosti meritev ni kritično za procese, se lahko določene

kompromise sprejema z vidika konstrukcije, točnosti in razpoložljivosti. To se mora seveda odražati tudi na finančnih vidikih rešitve.

Imajo pa sodobne tehnologije, glede na dejansko zrelost in preizkušeno, pogosto relativno visoko ceno. Ta pride iz nerazumevanja širine problematike in procesov upravljanja s sredstvi upravljalca omrežja. To ceno lahko v primerih pilotov upravičimo z vidika izboljšanja javne podobe družbe kot napredne. V nasprotnem je neizogibna potreba po omejitvi obsega takšnega pilotnega projekta (npr. število naprav, trajanje).

4 UVAJANJE

Vsako uvajanje in vzdrževanje novih sistemov, predvsem tistih z nižjo zrelostjo, zahteva velik angažma. Pogosto se pozablja, da je po vzpostavitvi vsakega novega sistema potrebno najmanj delovanje le-tega razumeti, obratovanje in rezultate redno spremljati ter ga vzdrževati in nadgrajevati. Zagotavljati je potrebno pričakovano kakovost zbranih podatkov, se odzivati na odstopanja in alarme ter iskati možnosti dodatne vrednosti informacij za družbo. To lahko deloma avtomatiziramo s skriptami in izboljšamo razumevanje z izdelavo namenskih vizualizacij.

Osnovno orodje za izdelavo vizualizacij v DAC je Power BI. Namenske vizualizacije povezujejo digitalni svet in fizični svet in dajejo vpogled v stanje na terenu tudi zaposlenim, ki nimajo neposrednega stika z napravami s terena, s čimer se temu segmentu družbe omogoči lažje, predvsem pa učinkovitejše sprejemanje odločitev, ki vplivajo na omenjene naprave in celotni sistem.

4.1 DAC SCADA

DAC je z namenom vzpostavitve enotne centralizirane platforme za vizualizacijo meritev in signalov iz različnih in razpršenih nadzornih sistemov ter IoT senzorjev v realnem času pričel z vzpostavitvijo platforme DAC SCADA. Platforma bo različnim deležnikom družbe na enostaven, enovit način omogočala vpogled v različne segmente podatkov v realnem času. Hkrati bo platforma aktivno podprla vzdrževalne procese in bistveno poenostavila analitiko. Ključni segment tega sistema predstavlja funkcionalnost zajema in hranjenja podatkov, ki omogoča različne agregacije časovnih vrednosti in služi kot enoten arhiv podatkov, kateri surova struktura se načeloma precej razlikuje med seboj. Tak arhiv deluje kot odprta baza, kar omogoča dodatne analize in podporo pri upravljanju s sredstvi.

Odprtost in globoko razumevanje strukture podatkov in delovanja sistema sta bistvenega pomena, saj je življenjska doba sodobnih tehnologij pogosto krajša od pričakovane življenjske dobe klasičnih elektroenergetskih naprav. Poleg tega se storitve pogosto ponujajo na osnovi naročnin (angl. subscription-based model), zato odprta baza omogoča lahek prehod na drugega ponudnika brez izgube podatkov, če je zagotovljeno ustrezno razumevanje delovanja sistema in struktur podatkov v bazi.

4.2 IoT

Vzpostavitev in širitev sistema DAC SCADA vključuje preizkušanje in uvajanje različnih komunikacijskih protokolov, kot so MODBUS, OPC, API, MQTT in drugi. Pri tem je ključnega pomena tudi vzpostavitev ustrezne omrežne IT infrastrukture, na primer NB-IoT in LoRaWAN, ki omogočajo uvedbo sodobnih IoT naprav. Ob tem je treba upoštevati več ključnih dejavnikov:

- Kibernetika varnost: Zagotoviti je potrebno ustrezne varnostne ukrepe za zaščito podatkov in naprav v IoT omrežjih.
- Nujnost brezžičnega omrežja: Pri izbiri tehnologij je pomembno oceniti zahteve po brezžičnih povezavah glede na specifične potrebe uporabe.
- Količina in frekvenca zajetih podatkov: Izbira protokola in infrastrukture mora omogočati učinkovito obdelavo in prenos podatkov v skladu z zahtevami sistema.
- Načini napajanja: Zasnova IoT rešitev mora vključevati premislek o napajanju naprav, še posebej na težko dostopnih lokacijah.

To je še posebej pomembno pri uvajanju IoT naprav na linijske objekte, kot so daljnovodi in kablovodi, kjer so specifični izzivi, kot so oddaljenost lokacij, nedostopen teren, zahtevno vzdrževanje in potreba po stabilnem in varnem prenosu podatkov, ključnega pomena.

4.3 Uvajanje mehanizmov za podporo BIM pristopu

Uvajanje mehanizmov za podporo BIM (angl. Building Information Modeling) pristopu vključuje vzpostavitev digitalnih dvojčkov in BIM modelov za boljše spremljanje stanja in obratovanja naprav. Digitalni dvojčki omogočajo celovit vpogled v »trenutno« stanje infrastrukture s simulacijo fizičnih lastnosti naprav v realnem času. To omogoča natančnejše planiranje vzdrževanja, boljše upravljanje s sredstvi in optimizacijo investicij. Vzpostavitev BIM modelov omogoča integracijo različnih podatkovnih virov, kot so IoT senzorji in SCADA sistemi, kar zagotavlja centralizirano platformo za vizualizacijo, analizo in odločanje. [2], [3], [4], [5], [6], [7]

5 ZAKLJUČKI

Uvajanje sodobnih tehnologij, kot so IoT naprave, SCADA sistemi, digitalni dvojčki in BIM pristopi, omogoča napredne pristope za spremljanje in upravljanje elektroenergetskih naprav ter omrežja. Diagnostično analitski center (DAC) v družbi ELES ima ključno vlogo pri podpori odločanju in uvajanju sodobnih tehnologij.

Kljub velikim prednostim pa uvajanje teh prinaša tudi izzive, kot so objektivna prepoznavna koristi za upravljalca omrežja, stroški implementacije, kibernetska varnost, integracija z obstoječimi sistemi, uvedba v procese družbe in podobno.

Zato je priporočljivo tesno sodelovanje z industrijskimi partnerji in razvoj prilagojenih rešitev za specifične potrebe upravljalcev omrežja, da bi povečali vrednost in učinkovitost investicij v napredne tehnologije.

6 REFERENCE

- [1] ELES, „Diagnostično analitski center ELES“, DAC. Pridobljeno: 4. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://dac.eles.si/>
- [2] „Izvedba študije ‚Uvedba BIM v ELES‘“, Indigo & DRI, Ljubljana, Predstavitev zaključkov Faza I projekta, okt. 2020.
- [3] A. Starc, „Poročilo o opravljenem pregledu in reviziji dokumentov študije ‚Uvedba BIM v ELES‘“, IBE, d.d., Ljubljana, mar. 2023.
- [4] M. Bečan, D. Kozjek, U. Kerin, in J. Hrovat, „Analiza tehničnih in vsebinskih implikacij celostne uvedbe BIM v družbo ELES“, predstavljeno na Referati in predstavitve 15. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2021, str. 1–5. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.cigre-cired.si/materiali-15konf/>
- [5] M. Bečan, „A Strategic View from Asset Owners - TSO Infrastructure Digitalization“, predstavljeno na buildingSMART International Standards Summit - Rome 2023, Rome, Italy, 27. marec 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://events.ringcentral.com/events/bssrome23/>
- [6] M. Bečan, „2023-OTSO infrastructure digitalization“, predstavljeno na Konferenca siBIM 2023, Brdo pri Kranju, 5. maj 2023.
- [7] M. Bečan, „Uvajanje BIM pristopov“, predstavljeno na BIM za investitorje, Ljubljana, 15. februar 2024.
- [8] M. Bečan in M. Antončič, „Razvoj metodologije in vizualizacije za spremljanje stanja daljnovodov = Methodology development and visualisation of the findings index for overhead transmission lines“, predstavljeno na Referati in predstavitve 16. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2023, str. 1–6. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.cigre-cired.si/16-konferenca-cigre-cired/16-konferenca-prenesite-si-referate/>
- [9] J. Ribič idr., „Podatkovni izzivi obvladovanja vzdrževanja elektroenergetskih naprav po času, po stanju in po zanesljivosti = Data challenges of managing the maintenance of power devices by time, condition and reliability“, predstavljeno na Referati in predstavitve 16. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2023, str. 15. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.cigre-cired.si/referat/p-podatkovni-izzivi-obvladovanja-vzdrzevanja-elektroenergetskih-naprav-po-casu-po-stanju-in-po-zanesljivosti/>
- [10] A. Lovrenčič, Spremljanje stanja vodnikov s pomočjo robotske tehnologije v procesu upravljanja s sredstvi daljnovodov: magistrsko delo. Maribor: [A. Lovrenčič], 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=86144>
- [11] M. Bečan, D. Kozjek, U. Kerin, in J. Hrovat, „Analiza tehničnih in vsebinskih implikacij celostne uvedbe BIM v družbo ELES“, predstavljeno na Referati in predstavitve 15. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2021, str. 1–5. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.cigre-cired.si/materiali-15konf/>

Analiza pretvorniške stabilnosti pri velikem deležu pretvorniško priključene proizvodnje

Jure Lokar^{1,*}, Boštjan Blažič¹ in Leopold Herman¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Jure Lokar

Institucija/podjetje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: jure.lokar@fe.uni-lj.si

Povzetek: Prispevek obravnava problematiko zagotavljanja pretvorniške stabilnosti v prenosnih elektroenergetskih omrežjih, kar je posledica povečanega števila močnostnih pretvornikov zaradi rasti deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov, kot sta sončna in vetrna energija. Paralelno delovanje pretvornikov lahko povzroči povečanje amplitud in harmonsko popačenje napetosti ter tokov, kar negativno vpliva na stabilnost omrežja. Za analizo teh pojavov so bile na testnem modelu prenosnega omrežja izvedene simulacije v frekvenčnem in časovnem prostoru, pri čemer rezultati prikazujejo tako stabilna kot nestabilna obratovalna stanja.

Ključne besede: pretvorniška stabilnost, prenosno omrežje, obnovljivi viri električne energije, močnostni pretvorniki

1 UVOD

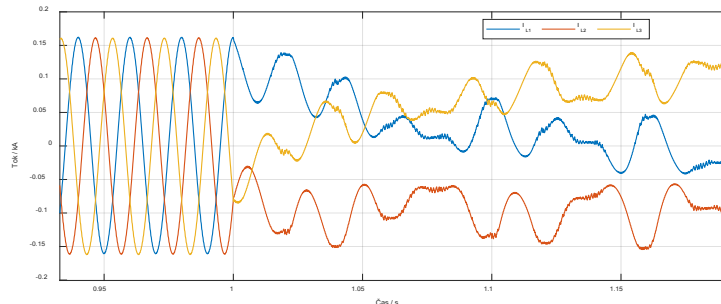
Vsebina tega prispevka je nadaljevanje dela, predstavljenega v [1], kjer so bila podana osnovna izhodišča za obravnavo pretvorniške stabilnosti v prenosnih elektroenergetskih omrežjih. To področje je zanimivo zaradi rasti deleža električne energije, proizvedene z izkoriščanjem obnovljivih virov, kot sta na primer sončna in vetrna energija, saj so tovrstne elektrarne s preostalim omrežjem večinoma povezane preko močnostnih pretvornikov. Posledična rast števila močnostnih pretvornikov je tako spodbudila prenovi definicij stabilnosti v elektroenergetskih omrežjih [2]. V nadaljevanju prispevka sledi opis problematike pretvorniške stabilnosti prenosnih v elektroenergetskih omrežjih in primer rezultatov analize na testnem primeru prenosnega omrežja.

2 OPIS PROBLEMATIKE IN SIMULACIJSKI REZULTATI

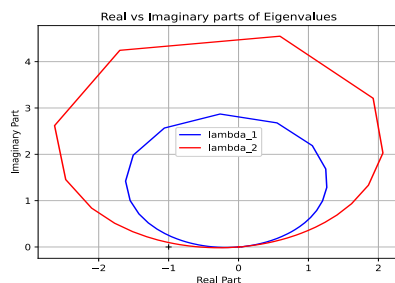
Paralelno obratovanje več močnostnih pretvornikov v istem omrežju lahko zaradi njihovih medsebojnih vplivov negativno vpliva na pretvorniško stabilnost omrežja, ki se v praksi izkazuje v obliki povečanih amplitud in harmonskega popačenja omrežnih napetosti in tokov. [2], [3]. V distribucijskih omrežjih ta pojav sicer ni nov, se pa z rastjo deleža električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov, s tem povezani izzivi selijo tudi v prenosna omrežja, za katera predvsem zaradi časovne potratnosti še ni bilo izdelanih veliko raziskav, v katerih bi bili obravnavani primeri, ko so pretvorniško priključene proizvodne enote večjih moči priključene neposredno na prenosno omrežje [3]. To je ena od motivacij raziskave vpliva velikega deleža pretvorniško priključenih naprav na stabilnost prenosno elektroenergetsko omrežje, ki se izvaja pri projektu LaRISA v okviru konzorcija CRESYM.

Izračune smo izvedli na modelu 14-vozliščnega prenosnega omrežja IEEE [4], na katerega smo priključili večje število pretvornikov s prisilno komutacijo tokovnega tipa (angl. grid forming voltage source converter, GF-VSC). Simulacije so bile izvedene tako v frekvenčnem prostoru z uporabo programskega okolja Python kot tudi v časovnem prostoru v programu PSCAD. Na sliki 2.1 je prikazan tok pretvornika v vozlišču 13 ob prehodu iz stabilnega v nestabilno stanje, ki nastopi ob priklopu dodatnih pretvorniško priključenih proizvodnih enot

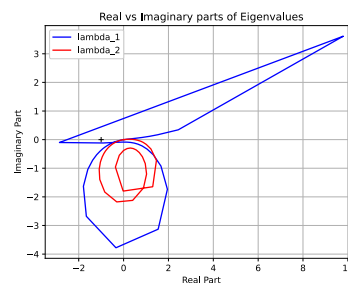
ob času . Identifikacija nestabilnih obratovalnih stanj se vrši v frekvenčnem prostoru na podlagi razmerja med impedancama omrežja in pretvornika. Na podlagi Nyquistovega diagrama lastnih vrednosti tega razmerja je nestabilno obratovalno stanje zaznано takrat, ko diagram obkroži točko v kompleksni ravnini. Iz tega sledi, da prikazuje Nyquistov diagram na sliki 2.2 stabilno obratovalno stanje, medtem ko prikazuje Nyquistov diagram na sliki 2.3 nestabilno obratovalno stanje. Ta rezultat je skladen z rezultatom s slike 2.1.



Slika 2.1: Tok pretvornika ob prehodu iz stabilnega v nestabilno obratovalno stanje ob času .



Slika 2.2: Primer stabilnega obratovalnega stanja v frekvenčnem prostoru.



Slika 2.3: Detekcija nestabilnega obratovalnega stanja v frekvenčnem prostoru.

3 ZAKLJUČEK

V prispevku smo predstavili problematiko in testne rezultate analize pretvorniške stabilnosti v prenosnih elektroenergetskih omrežjih zaradi rasti deleža pretvorniško priključenih proizvodnih enot večjih moči zaradi medsebojnih vplivov med regulacijskimi zankami posameznih močnostnih pretvornikov. Analiza je bila izvedena na modelu 14-vozliščnega testnega omrežja IEEE [4], na katerega smo priključili več močnostnih pretvornikov tipa GF-VSC. Rezultati izračunov detekcije težav z zagotavljanjem pretvorniške stabilnosti se v frekvenčnem prostoru ujemajo s tistimi v časovnem, kar kaže na potencial uporabljenega modela pri analizah dejanskega slovenskega prenosnega omrežja.

4 REFERENCE

- [1] J. Lokar, B. Blažič, in L. Herman, „Pregled metodologije določanja pretvorniške stabilnosti v elektroenergetskih omrežjih“, predstavljeno na Referati in predstavitve 16. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2023, str. 1–11. Pridobljeno: 5. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/179862787>
- [2] N. Hatziargyriou *idr.*, „Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended“, *IEEE Trans. Power Syst.*, let. 36, št. 4, str. 3271–3281, jul. 2021, doi: 10.1109/TPWRS.2020.3041774.
- [3] L. Kong, Y. Xue, L. Qiao, in F. Wang, „Review of Small-Signal Converter-Driven Stability Issues in Power Systems“, *IEEE Open Access J. Power Energy*, let. 9, str. 29–41, 2022, doi: 10.1109/OAJPE.2021.3137468.
- [4] IEEE Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, „Test systems for harmonics modeling and simulation“, *IEEE Trans. Power Deliv.*, let. 14, št. 2, Art. št. 2, 1999, doi: 10.1109/61.754106.

Vloga vztrajnostnih mas v sodobnih elektroenergetskih sistemih

Tadej ŠKRJANC^{1,*}, Urban RUDEŽ¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Tadej ŠKRJANC

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: tadej.skrjanc@fe.uni-lj.si

Povzetek: Manjšanje števila konvencionalnih elektrarn in njihovo nadomeščanje s pretvorniško-priključenimi proizvodnimi viri brez rotirajočih mas povečuje občutljivost elektroenergetskega sistema (EES) na motnje. Mednje nedvomno sodijo tudi nepričakovana nesorazmerja med proizvedeno in porabljeno močjo, bodisi v obliki izpadov proizvodnih enot bodisi v obliki nepričakovanih delitev sistema. Z manjšim številom sinhronskih strojev se količina rotacijske energije v sistemu zmanjšuje, zaradi česar so spremembe v frekvenci električne napetosti vedno izrazitejše. Negativen trend frekvenčne stabilnosti potrjujejo številna poročila in raziskave. Z namenom obvladovanja opisanih izzivov se sistemski operaterji zatekajo k ocenjevanju vztrajnostnih mas EES. *Vztrajnost* kot fizikalno lastnost lahko nedvoumno pripišemo vsem fizičnim objektom, tudi rotorjem sinhronskih strojev. Pojavi pa se nešteto vprašanj kako to storiti za EES kot celoto, saj gre za sistem s številnimi in raznolikimi stroji na različnih lokacijah. Ključno vprašanje je kako kvantificirati vztrajnostne mase EES za zadovoljivo oceno frekvenčne stabilnosti. V prispevku je pokazano, da se *vztrajnostni odziv* sistema na posamezne dogodke razlikuje tako časovno kot krajevno. Zanimarjenje tega dejstva pa lahko nudi zelo zavajajoče informacije o frekvenčni stabilnosti.

Ključne besede: vztrajnostne mase, vztrajnostni odziv, frekvenčna stabilnost, elektroenergetski sistem.

V prispevku predstavljeno raziskovalno delo sta delno sofinancirali Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije v okviru aplikativnega projekta »Sprotno ocenjevanje stabilnosti elektroenergetskega sistema na osnovi umetne inteligence (AI-ASSIST)« (L2-50053) in raziskovalnega programa Elektroenergetski sistemi (P2-0356) ter Evropska skupnost v okviru projekta TwinEU (št. projekta 101136119).

1 UVOD

Zgodovinsko gledano pomanjkanje vztrajnostnih mas v velikih elektroenergetskih sistemih (EES) ni bilo nikoli problematično. Desetletja je bila večina električne energije proizvedena iz konvencionalnih virov s sinhronskimi stroji, ki so zagotavljali visoko stopnjo stabilnosti frekvence električne napetosti. Z naraščajočim deležem proizvodnje električne energije s strani pretvorniško-priključenih naprav (PPN), pa so se razmere spremenile. Sprva so se ugotavljanju dejanskih vztrajnostnih mas med obratovanjem posvečali v manjših izoliranih sistemih, zadnje čase pa opažamo interes tudi pri operaterjih omrežij v velikih povezanih sistemih. Tudi različne mednarodne organizacije so postale aktivne na tem področju, ena od pomembnejših je delovna skupina CIGRE WG C2.45.

Vztrajnost je dobro opredeljena fizikalna lastnost, ki jo lahko nedvoumno pripišemo kateremu koli fizičnemu predmetu (tudi rotorju sinhronskega ali asinhronskega stroja). Za EES, ki povezuje večje število takšnih strojev,

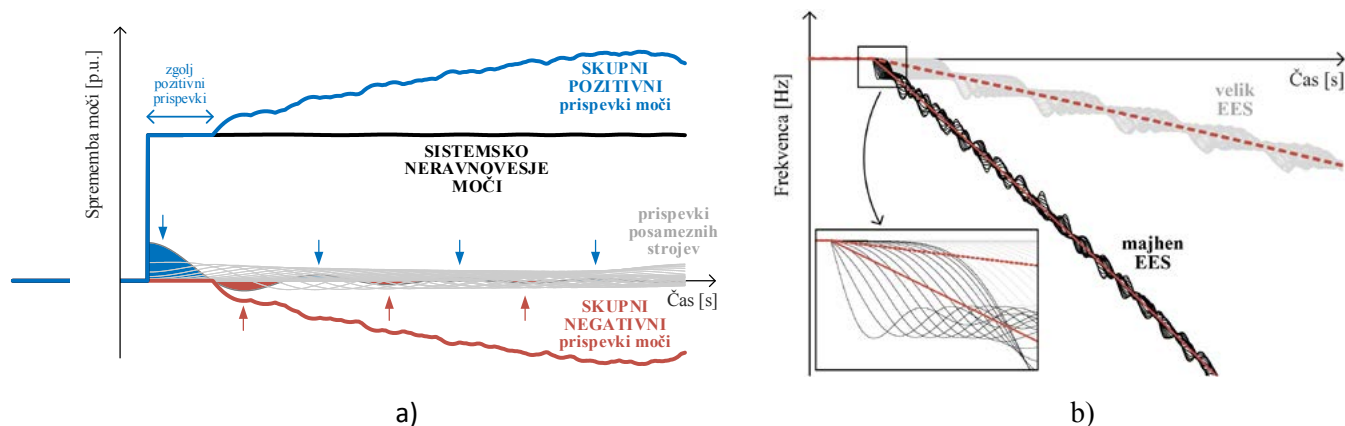
pa je koncept vztrajnosti bolj ohlapen. V splošnem velja, da se po pojavu neravnovesja moči v sistemu energija za pokrivanje odjema inherentno črpa iz rotirajočih mas rotirajočih strojev ali se vanje kopiči, s čimer se pričnejo stroji bodisi upočasnjevati bodisi pospeševati. Večje kot so vztrajnostne mase, počasneje se hitrost strojev spreminja. Pogosto se skupne vztrajnostne mase EES določi z vsoto posameznih vztrajnosti vpletenih strojev. S tem se spregleda dejstvo, da stroji v različnih trenutkih po pojavu neravnovesja moči na specifični lokaciji (na primer kot posledica izpada proizvodne enote) prispevajo različne količine moči, pogosto tudi negativne. Poleg tega niso vsi stroji v vsakem trenutku vpleteni v ta pojav.

2 ANALIZA

Slika 1a prikazuje primer, kjer smo v modelu velikega EES povzročili neravnovesje moči in ga nato ohranjali nespremenjenega (črna krivulja). S sivimi krivuljami so prikazani časovni poteki moči posameznih strojev, ki jasno kažejo tako na prisotnost izrazitih oscilacij kot tudi časovne zamike med vpletenostjo posameznih strojev zaradi postopnega širjenja elektromehanskega vala [1]. Z ločenim seštevanjem pozitivnih in negativnih prispevkov moči vseh strojev je mogoče ugotoviti skupno količino pozitivnih (modra črta) in negativnih (rdeča črta) prispevkov. Razvidno je, da se oba prispevka s časom večata. Ob tem se ponujata dve vprašanji:

1. Kako v smislu vztrajnosti EES kvantificirati negativne prispevke moči nekaterih strojev?
2. Kako v smislu vztrajnosti EES zajeti postopno širjenje območja, v katerem stroji sodelujejo s svojim vztrajnostnim odzivom?

Razliko med odzivom majhnega in velikega EES na enako neravnovesje moči prikazuje Slika 1b [2]. Iz grafa lahko ugotovimo dve: *i)* vztrajnostni odziv obeh EES je v trenutkih po dogodku identičen, ne glede na razliko v velikosti EES in število nanj priključenih strojev ter *ii)* povprečen vztrajnostni odziv (in s tem povprečna frekvenca) obeh sistemov je različen, in sicer določen z vsoto vseh vztrajnostnih mas v EES.



Slika 1: Moči strojev za pokrivanje neravnovesja moči (a), frekvenčni odziv EES različnih velikosti (b)

3 ZAKLJUČKI

Analiza v poglavju 2 namiguje na dvom o smiselnosti ugotavljanja vztrajnostnih mas EES za ugotavljanje nivoja frekvenčne stabilnosti. Vztrajnostni odziv EES se spreminja tako glede na čas po dogodku kot tudi lokacijo. Zdi se, da je koncept vztrajnosti EES preveč neotipljiv, da bi zagotovil dovolj informacij o tem, kar operaterje dejansko zanima: pričakovani frekvenčni odziv na neravnovesja moči. Cilj prispevka je spodbuditi razmislek o tem, ali ni mogoče bolj smiselno preučevati vedenja frekvenca EES v posameznih delih omrežja neposredno, bodisi z meritvami bodisi s simulacijami. Poleg vztrajnostnih mas namreč v sodobnem EES obstaja več drugih mehanizmov, ki prispevajo k frekvenčni stabilnosti ter se časovno prekrivajo z vztrajnostnimi odzivi strojev (npr. hiter frekvenčni odziv PPN, sintetična vztrajnost PPN, itd. [3])

4 REFERENCE

- [1] L. Huang, 'Electromechanical Wave Propagation in Large Electric Power Systems'. PhD thesis, 2014.
- [2] T. Škrjanc, R. Mihalič, U. Rudež, 'Inertial Response of an Electric-Power System', in 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), Oct. 2023, pp. 1–5.
- [3] U. Rudež, R. Mihalič, 'Analysis of Underfrequency Load Shedding Using a Frequency Gradient', IEEE Trans. Power Deliv., vol. 26, no. 2, pp. 565–575, Apr. 2011.

PT2 – PRENOS IN DISTRIBUCIJA ENERGIJE

Moderatorja: Marko Hrast in Dejan Koletnik

11.30 - 13.30

Predstavitve prispevkov

- Aljoša Deželak, Marko Kolenc, Nikola Rebič, Klemen Dragaš: **Odpornost na klimatske spremembe – karte ranljivosti in ukrepi**
- Matej Urh: **Pristop k razvoju evropskega in slovenskega vodikovodnega omrežja**
- Urban Odar: **Distribucija plina v pogojih razogličanja**
- Marko Kogovšek: **Obvladovanje emisij metana kot prispevek k razogličanju**
- Ljubo Germič, Matija Meden, prof. Filip Kokalj: **Priložnosti in izzivi daljinskega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji**
- Aleksandar Momirovski, Igor Podbelšek: **Vpliv baterijskih hranilnikov električne energije na vodenje in obratovanje elektroenergetskega sistema**

ŠTIHOVA
DVORANA



Odpornost na klimatske spremembe – karte ranljivosti in ukrepi

Aljoša Deželak*, Marko Kolenc, Nikola Rebić, Klemen Dragaš

ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

*Kontaktna oseba:

Aljoša Deželak

E-pošta: aljosa.dezelak@eles.si

Povzetek: Elektroenergetska prenosna infrastruktura predstavlja vitalen del moderne družbe in je kot taka osnova za delovanje vseh njenih sklopov. Le z varnim in zanesljivim obratovanjem se je mogoče uspešno zoperstaviti izzivom, ki jih prinaša prihodnost, ter zagotoviti trajnostno, okoljsko in ekonomsko učinkovit razvoj. Nujno je torej zagotoviti varno in zanesljivo obratovanje prenosnega sistema, ki bo kar v največji možni meri neodvisno od ekstremnih vremenskih in naravnih pojavov. Zaradi že prisotnih ekstremnih vremenskih pojavov in predvidenega povečanja njihove pogostosti ter intenzivnosti glede na scenarije podnebnih sprememb, bo zato v prihodnosti nujno zagotoviti odporen prenosni sistem, vse z osnovnim ciljem slovenskim uporabnikom elektroenergetskega omrežja, tj. še naprej zagotavljati nemoten in stroškovno učinkovit prenos električne energije.

V okviru trajnih izzivov je družba ELES zastavila tudi strateški cilj, t. i. »Zagotavljanje odpornosti prenosnega sistema na klimatske spremembe«, katerega končni namen je, da bo v prihodnosti obratovanje, vzdrževanje in načrtovanje prenosnega sistema zagotavljalo kar najvišji nivo odpornosti na ekstremne vremenske pojave.

Ključne besede: odpornost, ekstremni vremenski pojavi, klimatske spremembe

1 UVOD

Primarna naloga systemskega operaterja (SO) je prenos in dobava električne energije uporabnikom prenosnega sistema, pri čemer je pomembna zanesljivost obratovanja elektroenergetskega sistema, najpomembnejši dejavnik pri tem pa je neprekinjenost dobave električne energije končnim odjemalcem. V okviru svojih nalog morajo SO ovrednotiti sposobnosti sistema za pokrivanje potreb odjemalcev po električni energiji in moči v vseh pričakovanih obratovalnih stanjih, ob upoštevanju načrtovanih in nenačrtovanih nerazpoložljivosti elementov v elektroenergetskem sistemu (EES), kot tudi obratovanje v vseh možnih vremenskih stanjih.

Vsled navadnega je slovenski SO v fazi izvedbe študije oz. raziskav, ki bo pripomogla boljšemu razumevanje, morebitnih tveganj zaradi pogostejših vremenskih ekstremnih pojavov in jih vključila v proces načrtovanja omrežja. Pri tem velja omeniti, da je večina SO v svetu šele začela razvijati politike, okvire in pristope k upoštevanju podnebnih tveganj pri načrtovanju prenosnih omrežij. Nacionalne politike, okvirji, celoviti novi standardi in postopki načrtovanja v večini primerov ne upoštevajo ekstremnih vremenskih pojavov in tveganj pri razvoju odpornosti EES. Tveganja pri načrtovanju prenosnega omrežja so zelo decentralizirana za vsako državo ali regijo, ki izvaja lastno načrtovanje prenosa, s specifičnimi lokacijami podnebnih razmer.

2 AKTIVNOSTI ZA ZMANJŠANJE RANLJIVOSTI OMREŽJA NA EKSTREMNE VREMENSKE POJAVE

V okviru trajnih izzivov je družba ELES opredelila deset bistvenih tem, ki opredeljujejo strateško pomembna področja obvladovanja, ter jih podrobneje predstavila v Trajnostni strategiji družbe ELES do leta 2050 [1]. Vsaka od tem je povezana z enim ali več strateškim izzivom in obratno, hkrati pa so teme glavni gonilniki za strateške usmeritve in cilje, ki jih je družba ELES sprejela v dokumentu Dolgoročnem strateškem planu za obdobje 2021–2025 [2]. V slednjem je zastavljen tudi strateški cilj, t. i. »Zagotavljanje odpornosti prenosnega sistema na klimatske spremembe«, katerega končni namen je, da bo v prihodnosti obratovanje, vzdrževanje in načrtovanje prenosnega sistema zagotavljalo kar najvišji nivo odpornosti na ekstremne vremenske pojave.

V sklopu omenjenega strateškega cilja je družba ELES zagnala več aktivnosti na področjih obratovanja, načrtovanja in vzdrževanja prenosnega sistema. V ta namen se bodo najprej identificirali ekstremni vremenski pojavi na območju Slovenije, ki že povzročajo ali bi v prihodnosti lahko povzročali izpade in škodo na prenosnem omrežju, ter izdelale karte ranljivosti prenosnega sistema na dogodke, kot so nevihte, močni sunki vetra, žledenje in obtežba zaradi novozapadlega snega, močne padavine in poplave, visoke temperature ter drugi tovrstni dogodki. Določiti bo potrebno potencialna območja, kjer je možna višja izpostavljenost za posamezne klimatske parametre oziroma ekstremne vremenske pojave. Na podlagi razpoložljivih podnebnih projekcij se bo ob upoštevanju pesimističnega scenarija ocenilo spremembe pogostosti posameznih ekstremnih vremenskih pojavov do konca 21. stoletja. Končni rezultat bodo prepoznana območja problematičnih področij pojavljanja ekstremnih vremenskih in naravnih pojavov, prikazanih v internem GIS pregledovalniku družbe ELES (po plasteh in skupni presek).

V naslednjem koraku je treba predvidene posledice vpliva ekstremnih vremenskih pojavov na prenosni sistem vključiti v proces načrtovanja, obratovanja, vzdrževanja in inovacij ter identificirati rešitve, možne tehnologije in ukrepe. Pri tem bodo ovrednotene priložnosti in tveganja, prepoznani primerni ukrepi pa bodo prek analize stroškov in koristi uvrščeni v prihodnje razvojne načrte prenosnega sistema Republike Slovenije.

3 ZAKLJUČEK

Ob koncu je treba omeniti, da je večina SO v svetu šele začela razvijati politike, koncepte in pristope k upoštevanju vremenskih tveganj pri načrtovanju prenosnih omrežij.

Kot primer dobre prakse je treba izpostaviti dokument [3], ki ga je konec julija 2021 izdala Evropska komisija. Eden glavnih ciljev dokumenta [3] je podati tehnične smernice glede podnebne zaščite infrastrukture za obdobje 2021–2027. V sklopu teh želi Evropska komisija na podlagi t. i. analize ranljivosti, ki združuje rezultate analize občutljivosti in analize izpostavljenosti, identificirati oziroma oceniti, katere podnebne nevarnosti so pomembne za posamezen sklop načrtovanih projektov.

Vsled navedenega bo v prihodnje ključnega pomena potreba po razumevanju in pripravi na različne grožnje ter tveganja, povezane s podnebnimi spremembami, da bo moč zagotoviti odpornost energetske infrastrukture na vse ekstremne vremenske pojave.

4 REFERENCE

- [1] ELES, d.o.o., Trajnostna strategija družbe ELES do leta 2050 (TSE), oktober, 2021, Ljubljana.
- [2] ELES, d.o.o., Dolgoročni strateški plan družbe ELES za obdobje 2021–2025, april, 2021, Ljubljana.
- [3] EK, Commission Notice Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021–2027, Ljubljana, 29. julij 2021.

Pristop k razvoju evropskega in slovenskega vodikovodnega omrežja

Matej Urh^{1,*}

¹ Plinovodi d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Matej Urh

Plinovodi d.o.o.

E-pošta: matej.urh@plinovodi.si

Povzetek: Zeleni vodik je bil prepoznan kot ključni element energetske tranzicije v različnih EU in nacionalnih strateških načrtih. Za omogočanje integracije vodika v energetske sisteme ter spodbujanje domače proizvodnje in rabe je potrebno vzpostaviti nacionalno vodikovodno omrežje. Prve zasnove evropskega vodikovodnega omrežja so bile obravnavane v sklopu iniciative European Hydrogen Backbone, v kateri je sodelovalo večina evropskih operaterjev prenosnih plinskih sistemov. Trenutno poteka intenzivni razvoj prenosnih vodikovodnih omrežij v EU, pri čemer večina operaterjev že gradi nove vodikovode ter izvaja aktivnosti spreminjanja namembnosti obstoječe plinske infrastrukture v vodikovodno. Na področju razvoja vodikovodnega omrežja je aktivna tudi Slovenija, ki planira vzpostavitev vodikovodne hrbtenice do leta 2035, ki bo s Slovenijo povezovala vse štiri sosednje države.

Ključne besede: vodikovodni sistem, namembnost plinske infrastrukture, oskrba z vodikom, čezmejno povezovanje

1 UVOD

Zeleni vodik, oziroma vodik obnovljivega izvora, je ključen za razogljičenje plinskega sektorja. Takšen vodik bo, skladno s [1], v večini proizveden z elektrolizo, s čimer bo nastopal tudi v podporni vlogi pri razogljičenju elektroenergetskega sistema (EES) [2]. Centri proizvodnje in porabe vodika so običajno geografsko oddaljeni in za omogočanje proizvodnje in uporabe vodika v večjem obsegu je prenosna in distribucijska infrastruktura bistvenega pomena. Države članice imajo različne potencialne za proizvodnjo in različne potrebe po zelenem vodik, kar kaže veliko potrebo po vzpostavitvi čezmejnih povezav za prenos vodika. Za krajše razdalje so plinovodi cenovno najbolj optimalna rešitev [3]. Za transport vodika je mogoče uporabiti tudi obstoječe plinovode za transport plina, s čimer se višina potrebnih investicij zmanjša. Vzpostavitev vodikove infrastrukture, tako čezmejne kot tudi nacionalne, je podprta s strani EU, vključena pa je tudi v razvojne načrte držav članic.

2 REGULATORNI IN PODPORNOKVIRJI

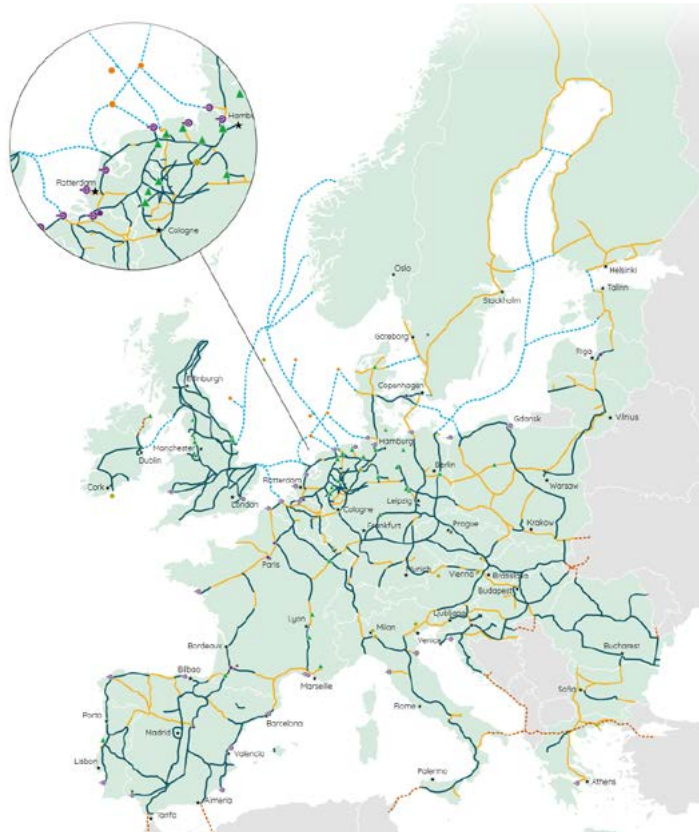
Potreba po vzpostavitvi vodikovodne hrbtenice je bila prepoznana v vodikovi strategiji EU [4]. Strategija vključuje tako gradnjo novega vodikovodnega omrežja za prenos vodika, kot tudi uporabo obstoječega plinovodnega sistema s spreminjanje namembnosti plinovodov za prenos plina. Infrastruktura za čezmejni prenos vodika je

umeščena na prednostno področje za naložbe v Uredbi TEN-E [5]. Na podlagi Uredbe TEN-E se oblikujejo projekti skupnega pomena (PCI), ki so upravičeni do financiranja iz sredstev instrumenta CEF [6]. Regulatorne podlage za vzpostavitev vodikovodnih sistemov in vzpostavitev operaterjev vodikovodnih sistemov so vključene tudi v Direktivo [7] in Uredbo [8] svežnja o notranjem trgu obnovljivih plinov, zemeljskega plina in vodika, ki bo določena področja še dodatno definirala v delegiranih aktih.

3 ZASNOVA VODIKOVNEGA PRENOSNEGA SISTEMA NA NIVOJU EU

Vodikovodna hrbtenica je ključna za doseg podnebnih ciljev in bo pripomogla k razbremenitvi evropskega EES in bo služila kot alternativa visokonapetostnih daljnovodnim povezavam. Prednost vodikovodne hrbtenice je predvsem v visoki zmogljivosti.

V EU je trenutno okrog 1500 km vodikovodnega omrežja [3], kar je neustrezno za preboj na področju rabe in proizvodnje zelenega vodika. Z namenom vzpostavitve evropske vodikovodne hrbtenice, ki bo povezovala države članice in omogočala čezmejne pretoke vodika med državami članicami, ter uvoz vodika iz območij izven EU (Norveška, severna Afrika), se je oblikovala pobuda European Hydrogen Backbone (EHB), v kateri so evropski operaterji prenosnih sistemov (OPS) predstavili koncept evropskega vodikovega omrežja, kot je prikazan na sliki 1 [9]. Namen evropske vodikovodne hrbtenice je vzpostavitev sistema za oskrbo z vodikom, ki bi v največji možni meri izkoriščal obstoječo plinsko infrastrukturo ter pripomogel k zanesljivosti oskrbe in diverzifikaciji virov. Evropska vodikovodna hrbtenica bo omogočila prehod iz fosilnega zemeljskega plina na vodik obnovljivega izvora ter zmanjševanje odvisnosti od uvoza ruskih energentov. EU ima velik potencial za domačo proizvodnjo obnovljivega vodika in lahko doseže visoko stopnjo samooskrbe, infrastruktura za transport vodika pa bo igrala ključno vlogo pri nadomeščanju fosilnih virov z vodikom na strani končnih odjemalcev.



Slika 1: Vizija evropske vodikovodne hrbtenice v letu 2040 [9].

4 PRIMERI NACIONALNIH VODIKOVNIH SISTEMOV DRŽAV ČLANIC

Evropska vodikovodna hrbtenica bo sestavljena iz nacionalnih vodikovodnih hrbtenic držav članic EU. Mnoge države članice so prepoznale ozka grla pri oskrbi z vodikom na nacionalni ravni ter potrebe po uvozu vodika za

oskrbo domačih odjemalcev. Skladno s temi potrebami so operaterji držav članic pripravili načrte za vzpostavitev nacionalnih vodikovodnih hrbtenic. Dinamika razvoja in pristopi k razvoju nacionalnih vodikovodnih omrežij se med državami članicami zelo razlikujejo, kot najbolj ambiciozni državi pa močno izstopata Nemčija in Nizozemska.

4.1 Nemčija

Nemčija je pripravila načrt za gradnjo nacionalne vodikovodne hrbtenice med letoma 2025 in 2032. Vodikovodna hrbtenice bo obsegala 9700 km, pri čemer bodo 60% vodikovodov predstavljali prekvalificirani obstoječi plinovodi za prenos plina [10]. Hrbtenice bo povezovala večje industrijske centre, skladišča, elektrarne in mejne točke. Predvidena zmogljivost hrbtenice je 280 TWh letno, kar močno presega predvideno porabo v nemški vodikovi strategiji, ki znaša med 95 in 130 TWh letno v 2030 [11].

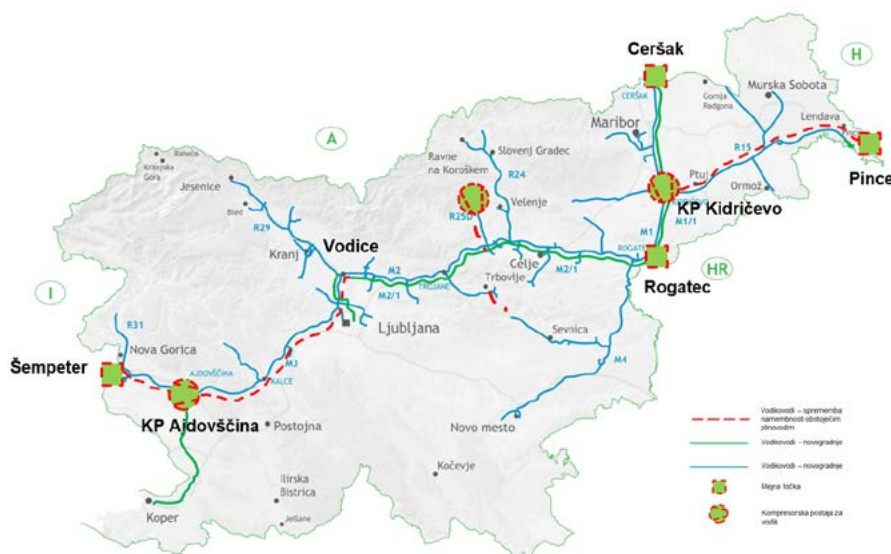
4.2 Nizozemska

Za gradnjo vodikovodne hrbtenice je na Nizozemskem zadolženo novoustanovljeno podjetje Hynetwerk v 100% lasti operaterja prenosnega plinskega sistema Gasunie. Nizozemska si je zadala ambiciozen cilj gradnje vodikovodne hrbtenice do leta 2030. Gradnja bo potekala v fazah, pri čemer bodo medsebojno povezanih pet industrijskih grozdov, ti pa s sosednjimi državami, terminali ter skladišči. Pri gradnji vodikovodne hrbtenice bodo uporabljeni večinoma obstoječi plinovodi za prenos plina [12].

5 RAZVOJ SLOVENSKEGA PRENOSNEGA VODIKOVODNEGA SISTEMA

Slovenija nima zadostnega potenciala za doseg samozadostnosti oskrbe z vodikom, ki bo potreben za razogljičenje energetske intenzivnih panog in doseganje nacionalnih in evropskih podnebnih ciljev. Iz tega razloga je vzpostavitev nacionalne vodikovodne hrbtenice bistvenega pomena. Z vzpostavitvijo vodikovodne hrbtenice bo Slovenija povezana z vsemi štirimi sosednjimi državami, mejne točke pa bodo omogočale dvosmerne pretoke in s tem tako uvoz vodika preko sosednjih držav, kot tudi tranzit vodika preko Slovenije.

Vodikovodna hrbtenica bo zgrajena, v primeru obstoječih paralelnih plinovodov, iz obstoječih plinovodov, ki bodo prekvalificirani v vodikovode, ter z novo zgrajenimi vodikovodi na delih trase, kjer ni vzporednih plinovodov. S tem pristopom ob zagonu vodikovodne hrbtenice ne bo motena oskrba s plinom. Plinovodni in vodikovodni sistem bosta popolnoma ločena in bosta lahko obratovala paralelno in neodvisno drug od drugega.



Slika 2: Slovenska vodikovodna hrbtenica (predviden razvoj do 2035)

Razvoj nacionalne vodikovodne hrbtenice bo potekal v dveh fazah. Prva faza obsega spremembo namembnosti obstoječim plinovodom na trasi Ceršak-Rogatec-Vodice in bo zaključena do konca leta 2029. V drugi fazi je predvidena gradnja novih vodikovodov, kompresorskih postaj in postaj na mejnih točkah. Druga faza bo zaključena do leta 2035, s tem pa bo možen uvoz vodika iz tujine in uporaba vodika v večjem obsegu v Sloveniji.

6 ZAKLJUČKI

V EU je bila prepoznana bistvena vloga infrastrukture za prenos vodika v doseganju podnebnih ciljev in energetske tranzicije, kar se odraža v regulatornih podlagah EU ter v predvideni finančni podpori za vzpostavitev vodikovodne infrastrukture preko različnih EU instrumentov. Potrebe po infrastrukturi za prenos čistega vodika se odražajo preko načrtov operaterjev prenosnih plinskih sistemov za vzpostavitev nacionalnih vodikovodnih hrbtenic, ki bodo integrirane v evropsko vodikovodno hrbtenico. Na tem področju je aktivna tudi Slovenija, ki planira vzpostavitev vodikovodne hrbtenice do konca leta 2035. Slovenska vodikovodna hrbtenica bo obratovala kot samostojen sistem, ločen od plinskega prenosnega sistema, s čimer ne bo motena oskrba s plinom.

7 REFERENCE

- [1] EVROPSKA KOMISIJA.: DELEGIRANA UREDBA KOMISIJE (EU) 2023/1184 z dne 10. februarja 2023 o dopolnitvi Direktive (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in Sveta z vzpostavitvijo metodologije Unije, s katero se določijo podrobna pravila za proizvodnjo tekočih in plinastih goriv iz obnovljivih virov nebiološkega izvora, namenjenih uporabi v prometu
- [2] Sahraie E., Kamwa I., Moeini A., Mohseni-Bonab S. M., Component and system levels limitations in power-hydrogen systems: Analytical review, Energy Strategy Reviews, Volume 54, 2024.
- [3] Lipiäinen S., Lipiäinen K., Ahola A., Vakkilainen E.: Use of existing gas infrastructure in European hydrogen economy, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 48, Issue 80, 2023
- [4] Evropska komisija: Strategija za vodik za podnebno nevtralno Evropo, Bruselj, 8. julij 2020
- [5] Evropski parlament in svet: UREDBA (EU) 2022/869 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 30. maja 2022 o smernicah za vseevropsko energetska infrastrukturo, spremembi uredb (ES) št. 715/2009, (EU) 2019/942 in (EU) 2019/943 ter direktiv 2009/73/ES in (EU) 2019/944 in razveljavitvi Uredbe (EU) št. 347/2013
- [6] Evropski parlament in svet: UREDBA (EU) 2021/1153 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 7. julija 2021 o vzpostavitvi Instrumenta za povezovanje Evrope ter razveljavitvi uredb (EU) št. 1316/2013 in (EU) št. 283/2014
- [7] Evropski parlament in svet evropske unije: DIREKTIVA (EU) 2024/1788 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 13. junija 2024 o skupnih pravilih notranjega trga plina iz obnovljivih virov, zemeljskega plina in vodika, spremembi Direktive (EU) 2023/1791 in razveljavitvi Direktive 2009/73/ES
- [8] Evropski parlament in svet evropske unije: UREDBA (EU) 2024/1789 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 13. junija 2024 o notranjem trgu plina iz obnovljivih virov, zemeljskega plina in vodika, spremembi uredb (EU) št. 1227/2011, (EU) 2017/1938, (EU) 2019/942 in (EU) 2022/869 ter Sklepa (EU) 2017/684 in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 715/2009
- [9] van Rossum R., Jens J., La Guardia G., Wang A., Kühnen L., Overgaag M.: European Hydrogen Backbone, A European hydrogen infrastructure vision covering 28 countries, April 2022
- [10] FNB Gas: Joint application for the hydrogen core network, Berlin, 22. julij 2024
- [11] <https://www.bmwk-energie.wende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2023/11/Meldung/topthema.html> (dostop 13. september 2024)
- [12] <https://www.hynetwork.nl/en> (dostop 13. september 2024)

Distribucija plina v pogojih razogljičenja

mag. Urban Odar^{1*}

¹ Gospodarsko interesno združenje za distribucijo zemeljskega plina, g.i.z., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Urban Odar

Gospodarsko interesno združenje za distribucijo zemeljskega plina, g.i.z.

E-pošta: info@giz-dzp.si

Povzetek:

Slovenija mora v razmeroma kratkem času bistveno zmanjšati emisije toplogrednih plinov v skoraj vseh sektorjih oziroma dejavnostih. Kar zadeva razogljičenje plinskih odjemalcev, je to najlažje doseči z uporabo že zgrajenih distribucijskih omrežij ter s postopnim nadomeščanjem zemeljskega plina z biometanom in drugimi nizkoogljičnimi plini oziroma plini obnovljivega izvora. Uporaba plinovodnega omrežja za potrebe zelenega prehoda pomeni tudi zmanjšanje potrebnih investicij v električno omrežje, ki dvigujejo stroške porabe električne energije odjemalcem, saj se že uporablja energetska infrastruktura, ki je zgrajena in umeščena v prostor, pri odjemalcih pa tako ne bi bilo treba izvajati dodatnih posegov. Za razogljičenje plinskega sistema mora država čim prej vzpostaviti ustrezno okolje, ki bo v Sloveniji spodbujalo proizvodnjo plinov obnovljivega izvora.

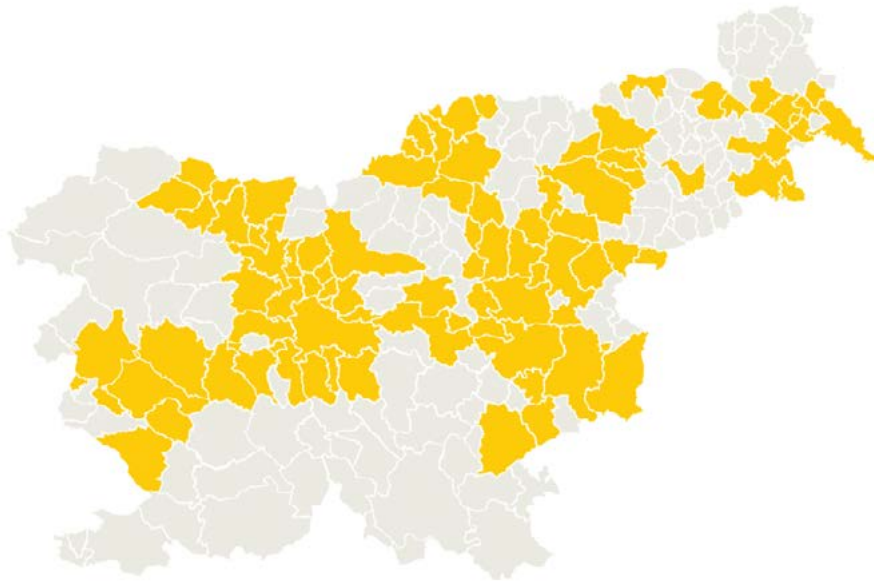
Ključne besede: distribucija plina, zemeljski plin, biometan, distribucijsko plinovodno omrežje, plini obnovljivega izvora

1 UVOD

Ključna cilja osnutka predloga posodobitve (2024) Celovitega nacionalnega energetskega in podnebne načrta Republike Slovenije [1] na področju razogljičenja sta prispevati k doseganju neto ničelnih emisij toplogrednih plinov (TPG) na ravni Evropske unije do leta 2050 ter zmanjšati emisije TGP za vsaj 55 % do leta 2033 (in vsaj 37 % do leta 2030) glede na leto 2005. Da bi Slovenija te cilje lahko dosegla, bo morala v vseh sektorjih zmanjšati emisije. Pri tem bo morala zagotoviti ustrezne dodatne energijske vire in vzpostaviti ustrezno energetska infrastrukturo. Glede na zelo ambiciozne cilje se bo morala nasloniti na vse možne vire in tehnologije, ki bodo prispevali k doseganju teh ciljev. Ker je vzpostavitev nove energetske infrastrukture zelo draga in dolgotrajna ter je tudi izvedbeno zelo zahtevna, mora Slovenija za uresničevanje zelenega prehoda v največji možni meri uporabiti in izrabiti obstoječo že zgrajeno energetska infrastrukturo.

2 DISTRIBUCIJA PLINA V SLOVENIJI

Distribucija plina se izvaja kot izbirna lokalna gospodarska javna služba (GJS) distribucijskega sistema za oskrbo poslovnih, industrijskih in gospodinskih odjemalcev v 87 občinah na večjem delu urbanih območij Slovenije z izjemo Primorske. Izvaja jo 12 operaterjev distribucijskih sistemov. V 72 občinah je ta dejavnost organizirana s koncesijskim razmerjem med koncesionarjem in lokalno skupnostjo, v 14 občinah jo izvajajo javna podjetja, v eni občini pa se GJS izvaja v obliki vlaganja javnega kapitala v dejavnost oseb zasebnega prava [2].



Slika 1: Distribucija plina v Sloveniji [3]

Skupna dolžina distribucijskega plinovodnega omrežja znaša 5.051 km. Operaterji distribucijskih sistemov so v letu 2023 distribuirali 3.369 GWh zemeljskega plina, in sicer na 134.067 odjemnih mestih. V letu 2023 je dobrih 91 % odjemalcev na distribucijskih sistemih na odjemnem mestu porabilo manj kot 25.000 kWh zemeljskega plina. Delež odjemalcev z letno porabo zemeljskega plina nad 50.000 kWh je znašal 3,7 % vseh odjemalcev, njihova poraba pa pomeni skoraj 71 % celotne porabe vseh odjemalcev, priključenih na distribucijska omrežja. Gospodinjski odjemalci uporabljajo zemeljski plin predvsem za ogrevanje bivalnih prostorov in pripravo tople sanitarne vode, v manjšem obsegu pa tudi za kuhanje. Distribucijsko plinovodno omrežje se je umeščalo v prostor in gradilo mnogo let. Danes omrežje deluje zelo dobro in učinkovito ter dejansko brez izgub. Življenjska doba novozgrajenega omrežja je prek petdeset let. Distribucijsko plinovodno omrežje je pomembna energetska gospodarska javna infrastruktura.

3 RAZOGLJICHENJE ODJEMALCEV PLINA

Obstaja več možnosti, kako razogljičiti odjemalce plina. Eno izmed njih je v predlogu Zakona o energetske politiki (ZEP) predstavilo ministrstvo, pristojno za energijo. ZEP je lokalnim skupnostim prepovedal podaljševati obstoječe koncesije za zgraditev in upravljanje omrežja za distribucijo zemeljskega plina. V prehodnih določbah je bila dodana določba, da je mogoče podaljšati obstoječe koncesije do konca leta 2030. V obrazložitvi zakona je bilo navedeno, da se s tem zakonskim določilom »spodbuja iskanje alternativnih in bolj trajnostnih virov energije«. Če bi bila taka oblika zakona sprejeta, bi si morali odjemalci v teh lokalnih skupnostih poiskati nov vir ogrevanja in zgraditi nove ogrevalne sisteme.

V javni obravnavi in pred sprejetjem ZEP se je izkazalo, da je predlagana rešitev strokovno popolnoma neutemeljena in neizvedljiva zlasti zaradi vprašljivega zagotavljanja potrebne dodatne električne energije v zimskem obdobju, še zlasti iz obnovljivih virov energije, saj je električno omrežje v zimskem obdobju že danes preobremenjeno, prav tako bi bilo tehnično in izvedbeno težko izvesti prehod na nove ogrevalne sisteme.

ZEP je bil pred sprejetjem preimenovan v energetske zakon, spremenile so se tudi določbe glede podaljševanja koncesij. Obstoječe koncesije za izvajanje gospodarske javne službe dejavnosti operaterja distribucijskega sistema zemeljskega plina se lahko pod določenimi pogoji za določeno obdobje večkrat podaljšajo [5].

Umeščanje v prostor in graditev nove energetske infrastrukture sta zelo zahtevna in draga, zlasti v primeru linijske infrastrukture. Tudi zaradi tega je treba za zeleni prehod uporabiti obstoječo energetska infrastrukturo v največji možni meri. Najboljša in najlažje izvedljiva rešitev za razogljičenje plinskih odjemalcev je, da se obstoječe plinovodno omrežje ohrani, hkrati pa se zemeljski plin postopoma nadomešča s plini obnovljivega izvora. Plinovodno omrežje je učinkovita gospodarska javna infrastruktura. To infrastrukturo je smiselno ohraniti in za razogljičenje na področju ogrevanja preiti na razogljičene pline obnovljivega izvora, kot so biometan ter v prihodnje sintetični plini in vodik. Prilagoditev plinovodnega omrežja na obratovanje z biometanom in sintetičnim plinom ni potrebna, za obratovanje z večjimi deleži vodika pa bo potrebna prilagoditev samo dela plinovodnega omrežja, ker je večina vgrajenih cevi iz polietilena. Ob nadomestitvi zemeljskega plina z biometanom pri odjemalcih plina ni treba izvesti nobenih sprememb, kar je še ena od prednosti te rešitve.



Slika 2: Razogljičenje distribucije plina [6]

UKREPI, POTREBNI ZA POVEČANJE PLINOV OBNOVLJIVEGA IZVORA

V skladu z EU in nacionalno usmeritvijo bi morali razvijati trg nadomestnih plinov obnovljivega izvora, kot so vodik, sintetični metan in biometan. Najlažje in najhitreje je v sistem mogoče vpeljati biometan, ki je po sestavi zelo podoben zemeljskemu plinu, tehnologije za njegovo proizvodnjo so razvite, preizkušene in dobro delujejo. Viri za biometan so vsi organski materiali, ki vsebujejo zadosten delež ogljika. To so na primer organski kuhinjski odpadki, biološki odpadki (rjavi zabojniki), mulji iz živilskopredelovalne industrije in blata komunalnih čistilnih naprav, odpadki iz živilskopredelovalne industrije, klavniški odpadki in odpadki iz trgovin. V kmetijstvu sta dva ključna vira biometana, in sicer živinska gnojila in rastlinska biomasa, ki bi jo pridobili iz naknadnih oziroma prezimnih posevkov na njivah ter iz travinja, ne da bi kakor koli ogrozili pridelavo hrane in krme za živino.

Država z raznovrstnimi ukrepi spodbuja proizvodnjo energije iz obnovljivih virov, vključno s finančnimi spodbudami, in tudi za proizvodnjo obnovljivih virov v Sloveniji že dlje zbiramo sredstva (npr. prispevek za zagotavljanje podpore proizvodnji električne energije iz OVE in SPTE). Zavezanci za plačilo tega prispevka niso samo vsi končni odjemalci električne energije, ampak tudi končni odjemalci trdnih, tekočih, plinastih fosilnih

goriv ali daljinske toplote za končno rabo. Večina tega denarja se porabi le za podporo proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov. Do konca leta 2023 je bilo za proizvodnjo elektrike iz podporne sheme porabljenih že 1.629,70 mio EUR [7], za podporo proizvodnji obnovljivih plinov za dodajanje v plinovodno omrežje pa v vseh teh letih ni bil namenjen še niti cent.

4 ZAKLJUČKI

Obstoječe že zgrajeno distribucijsko plinovodno omrežje, ki je dimenzionirano in zgrajeno tudi za potrebe ogrevanja, se mora uporabiti tudi za uresničevanje zelenega prehoda. S tem bi lahko zmanjšali tudi investicije v električno omrežje, nasprotno bodo te investicije še višje, kot je predvideno danes. Pri tem je nujno, da država končno ustvari spodbudno okolje za proizvodnjo biometana in drugih plinov v Sloveniji. Najhitrejši preboj pri proizvodnji plinov obnovljivega izvora se lahko doseže na področju proizvodnje biometana, saj je ta plin po sestavi praktično enak zemeljskemu plinu, hkrati pa so tehnologije za njegovo proizvodnjo že razvite in dobro delujejo. Proizvodnja biometana poteka enakomerno prek celega leta in neodvisno od vremena. Biometan se lahko tudi preprosto hrani na daljše obdobje (sezonski hranilnik), kar je njegova pomembna dodatna prednost. Slovenija na področju proizvodnje biometana že bistveno zaostaja za nekaterimi drugimi državami.

5 REFERENCE

- [1] Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo: Osnutek predloga posodobitve (2024) Celovitega nacionalnega energetskega in podnebne načrta Republike Slovenije, https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_2024_pos_v5.0_avg2024.pdf (dostop 19. 9. 2024).
- [2] Agencija za energijo: Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2023, https://www.agen-rs.si/documents/10926/38704/Poro%C4%8Dilo_o_stanju_v-energetiki_v_Sloveniji_za-leto-2023_Agencija_za-energijo.pdf/d90eab12-a4c0-45d7-9a54-9e0d25ef2c4c (dostop 19. 9. 2024).
- [3] <https://www.zemeljski-plin.si/zemeljski-plin/priklop-plina> (dostop 19. 9. 2024).
- [4] Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo: Predlog Zakona o energetske politiki, <https://e-uprava.gov.si/si/drzava-in-druzba/e-demokracija/predlogi-predpisov/predlog-predpisa.html?id=15804> (dostop 19. 9. 2024).
- [5] Energetski zakon (EZ-2), Uradni list RS, št. 38/24.
- [6] Arhiv Gospodarsko interesno združenje za distribucijo zemeljskega plina.
- [7] <https://borzen.si/sl-si/podpore-za-proizvodnjo-elektrike/podatki-podporne-sheme/porocila-centra-za-podpore> (dostop 19. 9. 2024).

Obvladovanje emisij metana kot prispevek k razogljičenju

Marko Kogovšek^{1,*}

¹ Plinovodi d.o.o., Ljubljana, Republika Slovenija

* Kontaktna oseba:

Marko Kogovšek

Plinovodi d.o.o., Cesta Ljubljanske brigade 11B, 1000 Ljubljana

E-pošta: marko.kogovsek@plinovodi.si

Povzetek:

Z letošnjo objavo Uredbe EU o zmanjšanju emisij metana v energetske sektorju so bila podana pravila in obveznosti za merjenje in spremljanje emisij metana v sektorjih nafte, plina in premoga, poročanje o teh emisijah in preverjanje poročanja, zmanjševanje teh emisij ter omejitve izpuščanja in sežiga metana, ob hkratnem zagotavljanju zaščite delavcev pred emisijami metana.

V prispevku bo v okviru sektorja plina predstavljen pristop operaterja prenosnega sistema plina za izpolnitev vseh obveznosti, ki jih narekuje zadevna uredba.

Ključne besede: Emisije metana, sektor plin, LDAR

1 UVOD

Evropski parlament in Svet Evropske unije sta 13. 6. 2024 sprejela Uredbo (EU) 2024/1787 o zmanjšanju emisij metana v energetske sektorju in spremembi Uredbe (EU) 2019/942, ki je bila 15. 7. 2024 objavljena v Uradnem list Evropske unije in je začela veljati 4. 8. 2024.

Družba Plinovodi d.o.o. je kot operater prenosnega sistema plina v Republiki Sloveniji ena od družb sektorja plina, ki je na podlagi navedene uredbe zavezana k spremljanju, merjenju in zmanjševanju emisij metana ter poročanju o emisijah metana.

Zaveze so združene v tri skupine aktivnosti, ki so predstavljene v nadaljevanju.

2 SPREMLJANJE IN MERJENJE EMISIJ

Do emisij metana, katerega delež je v zmesi plinov, ki jih imenujemo s skupnim imenom zemeljski plin, daleč nad deleži ostalih plinov, na sistemih plina prihaja predvsem zaradi izpihovanj plina, ki so potrebna za varno izvedbo načrtovanih del na sistemih, v manjši meri pa zaradi nepopolnega izgorevanja na trošilih, katerih delovanje je

povezano z zagotavljanjem zanesljivosti oskrbe v okviru sistema plina, ter ubežnih emisij na posameznih delih sistema plina.

Način spremljanja in merjenja emisij plina se razlikuje in je odvisen od samega načina nastanka emisij.

Pri izpihovanjih plina je spremljanje emisij običajno predmet samega postopka izvajanja načrtovanih del na sistemu, kjer je poseben poudarek namenjen zagotavljanju varnosti, merjenje pa se v skladu z mednarodnimi priporočili izvaja s pomočjo zabeleženih obratovalnih parametrov na relevantnem delu sistema plina ob začetku in koncu izvajanja izpihovanj, po potrebi pa tudi v vmesnih fazah.

Spremljanje emisij, ki so posledica nepopolnega izgorevanja, je predmet rednih obdobjnih pregledov trošil, na podlagi katerih se skupaj z razpoložljivimi podatki glede popolnosti izgorevanja lahko izpolni obveznosti glede merjenja.

Spremljanje in merjenje ubežnih emisij, ki predstavlja 1. del sistema LDAR (Leak Detection and Repair) terja največ časa in pozornosti, saj se te lahko pojavijo povsod tam, kjer je prisoten plin. Praviloma se ubežne emisije najpogosteje pojavljajo na razstavljenih spojih, redkeje na opremi in napravah, izredno redko pa na samih plinovodnih (jeklenih) ceveh. Spremljanje ubežnih emisij se lahko izvaja z različnimi metodami in načini. Če je izvedljivo, se merjenje ubežnih emisij izvede z direktno meritvijo, sicer pa posredno.

3 ZMANJŠEVANJE EMISIJ

Ukrepi za zmanjševanje emisij metana so odvisni od razlogov za nastanek emisij.

Pri izpihovanjih plina, kjer bi lahko prišlo do večjih emisij metana, sta najučinkovitejša ukrepa za zmanjšanje emisij predvsem znižanje tlaka na relevantnem delu sistema plina kot posledica porabe plina (dekompresija) in prečrpavanje preostanka plina iz relevantnega dela sistema plina v sosednji del sistema plina (rekompresija), manj učinkovit ukrep pa varni sežig preostanka plina na plinski bakli z visokim izkoristkom.

Pri nepopolnem izgorevanju je kratkoročni ukrep zagotovitev popolnejšega izgorevanja z nastavitvami oz. prilagoditvami ter nadgradnjami trošil, dolgoročni pa zamenjava trošila z ustrežnejšim.

Pri ubežnih emisijah sta ukrepa odprava ugotovljenih netesnosti z zatesnitvijo in zamenjava opreme, naprav ali (dela) cevi. Izvajanje ukrepov za odpravo ubežnih emisij predstavlja 2. del sistema LDAR.

4 POROČANJE O EMISIJAH

Uredba zavezuje k poročanju o količinski opredelitvi emisij metana, sprva le na nekaj virih, postopoma pa na vseh virih emisij metana, praviloma na podlagi izmerjenih podatkov, alternativno pa s pomočjo specifičnih emisijskih faktorjev ali vzorčenj. Do spremembe se bo za poročanje uporabljal obrazec OGMP 2.0.

5 ZAKLJUČKI

Z izvajanjem aktivnosti, ki izhajajo iz obveznosti, navedenih v Uredbi EU o zmanjšanju emisij metana v energetske sektorju, bo ta sektor pripomogel k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov.

Pričakovati je, da se bodo na podlagi mednarodnih primerjav sčasoma oblikovale dobre prakse predvsem glede merjenja in zmanjševanja emisij metana.

Priložnosti in izzivi daljinskega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji

Ljubo Germič^{1,*}, Matija Meden¹, prof. dr. Filip Kokalj²

¹ Javno podjetje Energetika Maribor d. o. o., Jadranska cesta 28, Maribor, Slovenija

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanov ulica 17, 2000, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ljubo Germič

Energetika Maribor d. o. o.

ljubo.germic@energetika-mb.si

Povzetek:

Razvojna strategija na področju ogrevanja in hlajenja je zanesljivo, učinkovito, podnebno nevtrarno, okoljsko sprejemljivo ter cenovno dostopno in konkurenčno ogrevanje in hlajenje. Pri tem je ključnega pomena čim večja vključitev domačih, lokalnih virov energije ter čim prejšnje doseganje samooskrbnosti.

Na območjih zgoščenih poselitev je daljinsko ogrevanje prednostni način ogrevanja stavb, zunaj teh območij pa je način ogrevanja usmerjen predvsem v toplotne črpalke in trajnostno izrabo lesne biomase. Diverzifikacija virov za ogrevanje je izrednega pomena, saj bistveno vpliva na zagotavljanje energetske varnosti in zanesljivosti oskrbe, pri čemer je pomembna usmeritev povečanje deleža energije iz obnovljivih virov in odvečne toplote.

Trajnostne rešitve za daljinsko ogrevanje temeljijo na sodobnih tehnologijah in vedno večjem povezovanju različnih sektorjev proizvodnje in rabe energije.

Za uresničevanje zastavljenih ciljev je transformacija sistemov daljinskega ogrevanja nujna še v tem desetletju. Ali bomo kos tem izzivom?

Ključne besede: daljinsko ogrevanje in hlajenje, energetska učinkovitost, obnovljivi viri energije, zeleni prehod.

1 UVOD

Trajnostne rešitve za daljinsko ogrevanje temeljijo na sodobnih tehnologijah in vedno večjem povezovanju različnih sektorjev rabe in proizvodnje energije. Sistemi daljinskega ogrevanja omogočajo povezovanje različnih sektorjev in s tem zagotavljajo učinkovito upravljanje z vsemi razpoložljivimi viri in ponori energije. Takšen pristop zahteva sistemsko načrtovanje ravnanja z energijo na državni in lokalni ravni, kar zahteva podrobno prostorsko analizo obstoječega stanja in prihodnjega razvoja.

2 SISTEMI DALJINSKEGA OGREVANJA

Sistemi daljinskega ogrevanja morajo biti energetske učinkoviti, kar pomeni, da na letni ravni zagotovijo toploto iz vsaj enega od naslednjih virov [1]:

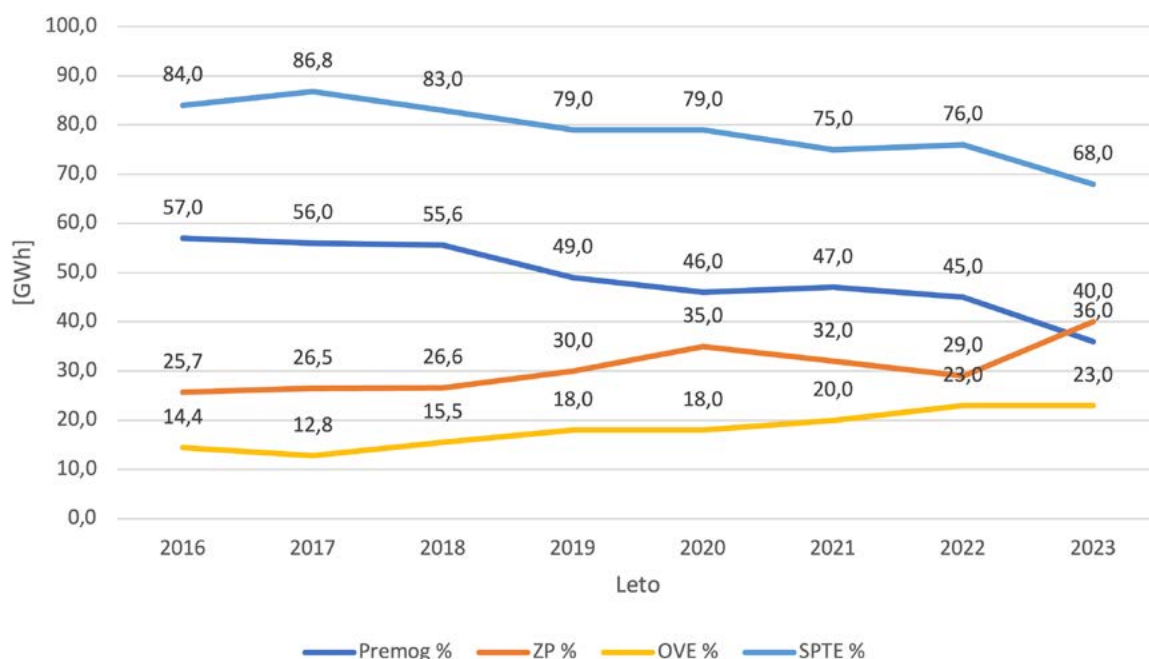
- vsaj 50 % toplote proizvedene posredno ali neposredno iz obnovljivih virov energije (OVE),
- vsaj 50 % odvečne toplote (OT),
- vsaj 75 % toplote iz soproizvodnje toplote in električne energije (SPTE) ali
- vsaj 50 % kombinacije toplote iz najmanj dveh virov iz prejšnjih alinej.

Cilj prizadevanj za skupni prispevek distribucijskih sistemov daljinskega ogrevanja je povečanje deleža energije iz obnovljivih virov in odvečne toplote vsaj za eno odstotno točko na leto, in to kot letno povprečje za petletni obdobji od leta 2021 do 2025 in od leta 2026 do 2030 glede na leto 2020[2].

Soproizvodnja toplote in električne energije je danes ključni trajnostni vir toplote v sistemih daljinskega ogrevanja. Glavni izziv v prihodnje je uvajanje obnovljivih virov energije in odvečne toplote.

Pregled sprememb v zadnjem obdobju

Graf 1 prikazuje porabo energentov po letih za sisteme daljinskega ogrevanja in hlajenja (SDOH) v Sloveniji. Vidno je zmanjševanje rabe premoga in obratovanje naprav SPTE. Slednje je predvsem vezano na premog, delno na zemeljski plin, zelo malo oziroma nič pa na OVE. Vidi pa se po epidemiji kovid ponovna rast rabe zemeljskega plina (ZP). Delež OVE pa konstantno narašča.



Graf 1: Poraba energentov v sistemih daljinskega ogrevanja po letih [3]

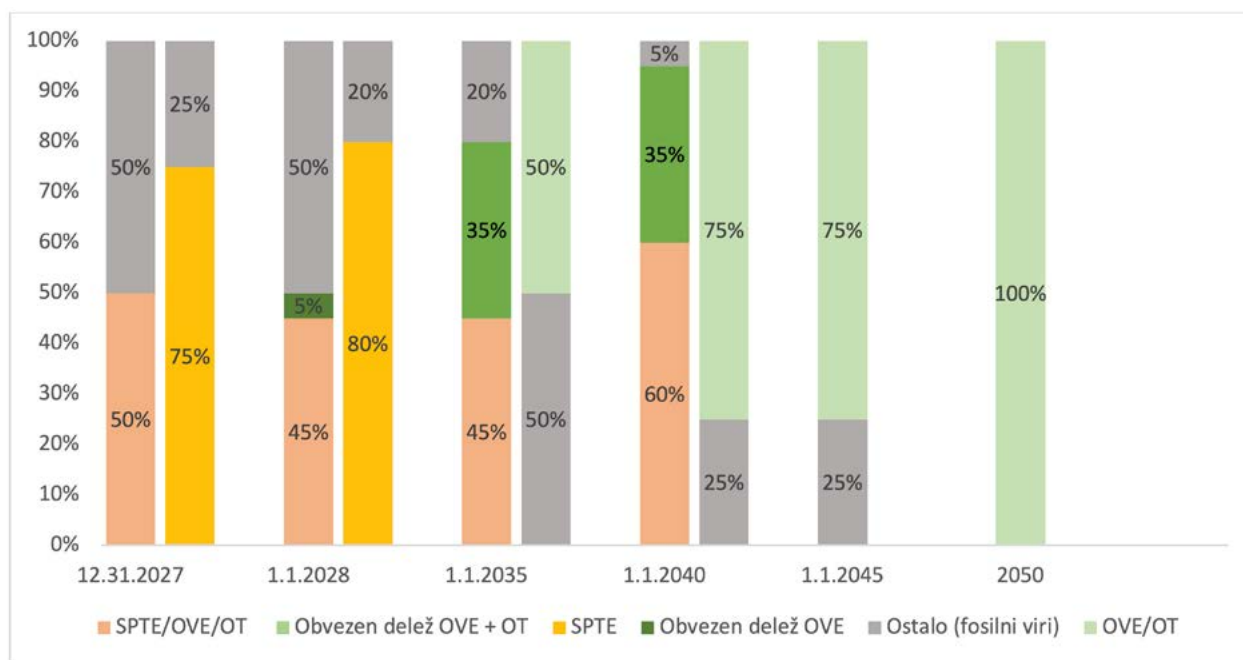
3 ZAHTEVE UČINKOVITOSTI ZA SISTEME DO ZA PRIHODNJE OBDOBJE

V nadaljevanju si predstavljene kriteriji za energetske učinkovitost SDOH, kot jih določa prenovljena Direktiva o energetske učinkovitosti (EU) 2023/1791, ki je bila sprejeta 13. septembra 2023 [4].

Nova merila so definirana v 26. členu. Kratek povzetek v obliki časovnice (graf 2):

- do konca 2027 ostaja definicija učinkovitega SDOH enaka kot pred prenovo direktive (min delež toplote iz: 50 % OVE ali 50 % OT ali 75 % SPTE ali 50 % kombinacija)
- od 1. 1. 2028 dalje: min 50 % OVE ali 50 % OT ali 50 % OVE+OT ali 80 % SPTE ali 50 % kombinacija z vsaj 5 % OVE (POZOR – od tega datuma dalje je OVE obvezen – vsaj 5%!)

- od 1. 1. 2035 dalje: min 50 % OVE ali 50 % OT ali 50 % OVE+OT ali 80 % kombinacija OVE/OT/SPTE s skupnim deležem OVE+ OT min 35 % (POZOR – v katerikoli kombinaciji mora biti OVE+OT vsaj 35%!)
- od 1. 1. 2040 dalje: min 75 % OVE ali 75 % OT ali 75 % OVE+OT ali 95 % kombinacija OVE/OT/SPTE s skupnim deležem OVE+OT vsaj 35 %;
- od 1. 1. 2045 dalje: min 75 % OVE ali 75 % OT ali 75 % OVE+OT (POZOR! V soprodukciji ni več dovoljena uporaba fosilnih goriv!)
- od 1. 1. 2050 dalje: uporablja se samo (100%) OVE ali OT ali kombinacija OVE+OT



Graf 2: Zahteve Direktive o strukturi proizvodnih virov v sistemih za daljinsko hlajenje/ogrevanje [4]

4 ZAKLJUČKI

Za nadaljnji uspešen razvoj sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja bo potrebno izboljšati strateško načrtovanje, ki trenutno ni na potrebnem kvalitetnem nivoju za izvajanje dolgoročnih razvojnih programov, ki na ustrezen način vključujejo razvojne programe sistemov daljinskega ogrevanja, njihovo sofinanciranje ter določitev prioritete uporabe energentov za ogrevanje. Pri tem je potrebno zagotoviti pomembna razvojna investicijska sredstva ter prilagoditi poslovne modele.

Okvirna ocena potrebnih investicij v sisteme daljinskega ogrevanja v Sloveniji je v višini okrog 30 mio. EUR za 10 % povečanje deleža OVE (145 GWh oz. skoraj 30 MW) v dobavljeni toploti, kar potrjuje, da so vlaganja v obnovljive vire energije in odvečno toploto na ravni sistemov daljinskega ogrevanja cenejša od individualnih rešitev. Zato je vzpostavitev dodatnih spodbud za sisteme daljinskega ogrevanja s strani države racionalno in ekonomsko upravičeno.

5 REFERENCE

- [1] 50. člen Zakona o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 158/20)
- [2] 55. člen Zakona o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 121/21 in 189/21)
- [3] Letna poročila za leta od 2016 do 2023 Agencije za energijo: POROČILA O STANJU NA PODROČJU ENERGETIKE V SLOVENIJI
- [4] 26. člen Direktive (EU) 2023/1791 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. septembra 2023 o energetske učinkovitosti in spremembi Uredbe (EU) 2023/955 (prenovitev)
- [5] PRIMERJALNA ŠTUDIJA PODJETIJ DALJINSKEGA OGREVANJA, Institut »Jožef Stefan«, Center za energetske učinkovitost, Ljubljana, 2023

Vpliv baterijskih hranilnikov električne energije na vodenje in obratovanje elektroenergetskega sistema

Aleksandar Momirovski^{1,*}, Igor Podbelšek¹

¹ Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Aleksandar Momirovski

Elektroinštitut Milan Vidmar

E-pošta: aleksandar.momirovski@eimv.si

Povzetek: V dobi pospešene zelene transformacije z obsežnimi investicijami v sončne in tudi vetrne elektrarne se vodenje in obratovanje elektroenergetskega sistema sooča z izzivi na področju zagotovitve zanesljivosti in ohranitve stabilnosti elektroenergetskega sistema. Izpostavili bi npr. izzive obvladovanja voznih redov bilančnih skupin, izravnave električne energije, časovni in količinski premik energetskih injekcij, optimizacija izrabe električnega omrežja ter sodelovanje pri ohranitvi in ponovni vzpostavitvi elektroenergetskega sistema. Prispevek podaja pogled na potrebe in koristi uporabe baterijskih hranilnikov v elektroenergetskem sistemu zaradi vse večje dinamike proizvodnje iz razpršenih virov energije, ki močno vplivajo na sigurnost in stabilnost celotnega sistema.

Povzemamo prihajajoče regulatorne zahteve za področje dejavnosti shranjevanja energije s poudarkom na implementacijo baterijskih hranilnikov v elektroenergetski sistem in vloge le-teh na področju obratovanja elektroenergetskega sistema. Identificirane so dolgoročne in kratkoročne poslovne priložnosti za multifunkcijsko rabo baterijskih hranilnikov. Podana je groba tehno-ekonomska ocena stroškov in koristi za različne scenarije uporabe baterijskih hranilnikov pri različnih razponih vhodnih podatkov v volatilnih energetskih okoliščinah.

Podan bo pogled na koristi uporabe hibridnih rešitev baterijskih hranilnikov tako pri večjih elektrarnah, kot tudi pri večjih industrijskih odjemalcih električne energije. Povzeli bomo osnovne tehno-ekonomske karakteristike in usmeritve za izbiro primernih baterijskih hranilnikov. Slednji lahko obratujejo bodisi v podrejeni vlogi k sinhronsko povezanim elektroenergijskim modulom, bodisi neodvisno ali kombinirano, odvisno od tehničnih in poslovnih ciljev upravljalca hranilnika.

Ključne besede: Baterijski hranilnik električne energije, obratovanje in vodenje elektroenergetskega sistema, tehno-ekonomska analiza, poslovne priložnosti in multifunkcijska raba

1 UVOD

Izvajanje načrtov pospešene energetske transformacije, ki zajemajo povečano implementacijo OVE in povečanje odjema električne energije, povzroča obratovalno volatilnost in tržne razmere z razponi, ki doslej niso bili zaznani v EES. Iz tega naslova se pojavljajo potrebe po povečani prožnosti na strani dejavnosti proizvodnje električne energije, razvoju dejavnosti shranjevanja energije ter po harmonizaciji obeh dejavnosti za zanesljivo in stabilno ter ekonomsko učinkovito obratovanje EES.

Razvoj komponent baterijskih hranilnikov električne energije (BHEE) je v obdobju 2019-2024 zrasel zelo hitro. Modularna tehnologija BHEE je dozorela¹ za prenos velikih moči nad 5 MW, tj. prag za razvrščanje BHEE med elektroenergijske module tipa C in D. Regulatorji BHEE uspešno realizirajo razklopljeno 4-kvadrantno zagotavljanje delovne (P) in jalove moči (Q) ter regulacijo frekvence, napetosti ter faznega kota s poljubnim prednostnim režimom. Tovrstni hranilniki so torej posebej primerni za multifunkcijsko rabo v nekonkurenčnem in konkurenčnem sektorju električne energije. Trenutno najbolj primerna tehnologija velikih BHEE je litij-ionska v različici litij-železno-fosfatnih baterij oz. LiFePO_4 (ali LFP) in s pretvornikom v izvedbi več-nivojskega

¹ Najvišja stopnja zrelosti tehnologije TRL=9 (angl. Technology readiness level)

modularnega preklapljanja kondenzatorskih enot (ang. Modular Multilevel Converter– MMC) z zelo nizkim faktorjem popačenja. Odlikuje se z visoko kapaciteto z neto časom polnjenja oz. praznjenja do 5 h, št. življenjskih ciklov 2.000-30.000 v dobi 15-25 let, povratnim izkoristkom 90-98% ter z normiranimi investicijskimi stroški $\text{capex}_{\text{EBESS}}$ 0,2-0,4 mio. EUR/MWh² oz. $\text{capex}_{\text{PBESS}}$ 0,15-1 mio. EUR/MW. [1],[2]

Tehnične zahteve za priključitev BHEE bodo določene v novi različici uredbe RfG [3] (angl. Requirement for Generators), ki bo tokrat zajela dejavnost shranjevanja energije. Sprejem le-te se pričakuje v letu 2025. V novi uredbi RfG bodo BHEE obravnavani kot moduli za shranjevanje električne energije (MSEE) in ločeno entiteto. Zahteve za trenutne BHEE se določajo s pomočjo podlag paketa uredb in direktiv CEP 2019 (2019/943/EU in 2019/944/EU) ter Zakona o oskrbi z električno energijo (ZOEE, Uradni list RS. 172/21) [1]. Dodatna konkretizacija zahtev bo določena v novih Sistemskih obratovalnih navodilih za prenosno omrežje (SONPO), ki bodo objavljena predvidoma v letu 2025.

2 TEHNIČNA IN POSLOVNA UPORABA BHEE NA PODROČJU VODENJA IN OBRATOVANJA EES

Identifikacija kratkoročnih poslovnih priložnosti za BHEE, ki izhaja iz trenutnih energetskih okoliščin je naslednja:

- Sodelovanje v procesu za povrnitev frekvence kot vir avtomatske rezerve (aRPF) in/ali ročne rezerve (rRPF).
- Zmanjšanje odstopanj in optimizacija obratovanja bilančnih skupin. Vgradnja namenskih hranilnikov električne energije za pokrivanje odstopanj med napovedano in dejansko proizvodnjo velikih centraliziranih OVE je posebej zaželena.
- Prihranki iz naslova mehkih aktivacij konvencionalnih elektroenergijskih modulov (EEM), tj. zmanjšanje obrabe in stroškov konvencionalnih EEM iz naslova vpliva BHEE na učinkovite obratovalne ure EEM.
- Sodelovanje v procesih plačljivih nefrekvenčnih storitev, npr. zagotavljanje zagona brez zunanjega vira napajanja (angl. Black Start).
- Druga pogodbeno razmerja prožnosti, neprekinjenosti napajanja (lastne rabe elektrarn ali industrije) ali energetske arbitraže, ki je z razvojem OVE posebej aktualna, odvisno od pogodbenega razmerja z različnimi deležniki konkurenčnega in nekonkurenčnega sektorja EE. [1], [4], [5], [6]

Na podlagi konkretne analize stroškov in koristi [1] ugotavljamo, da je v primeru investicije v BHEE za njeno ekonomsko upravičenost izredno pomembno, kolikokrat letno bo angažirana in kakšne bodo takratne cene predvsem izravnalne energije, pa tudi cene zakupa moči RPF. Ob zadostnem številu letnih aktivacij in zadostnih prihodkih s tega naslova bi bila lahko investicija v BHEE ekonomsko smotrna, v nasprotnem primeru pa seveda neupravičena. Izredno pomembno vlogo pri odločitvi o investiciji pa ima tudi dejanska investicijska vrednost same BHEE, ki pomembno vpliva na vrednost ekonomskih kazalnikov. [1]

Za velike odjemalce so posebej aktualne teme premika koničnega odjema in prilagoditev omrežninskim tarifam. [4], [7]

Dolgoročno je pričakovati, da bodo BHEE povečano sodelovali tudi v procesu vzdrževanja frekvence, na trgu zmanjšanja izgub [4], [8] in na trgu z vztrajnostnimi masami, ki je še v razvoju [9]. BHEE so prav tako izjemno pomembni za izvajanje Načrta za ohranitev EES. [10] BHEE igrajo ključno vlogo v adaptivne priključne zmogljivosti omrežja (angl. adaptive hosting capacity). [4] Vloga BHEE za zanesljivo in stabilno obratovanje EES bo posebej izrazita v stanjih EES s pretokom energije iz distribucijskega k prenosnemu omrežju, kot posledica istočasnega povečanja proizvodnje OVE in zmanjšanja odjema.

2 Specifični investicijski stroški, normirano na kapaciteto (energijo) BHEE, so se v zadnjih letih znatno zmanjšali, celo do 80 %. Dolgoročno je pričakovati, da se bodo zmanjšali do 100.000 EUR/MWh oz. 0,1 mio. EUR/MWh. Pomembno je poudariti, da se specifični investicijski stroški BHEE, normirano na moč BHEE, zmanjšujejo s povečanjem moči BHEE, torej vrednost investicije v mio EUR/MW upada s povečanjem moči BHEE v MW (npr. do 20 %).

3 ZAKLJUČKI

BHEE omogočajo multifunkcijsko rabo v nekonkurenčnem in konkurenčnem sektorju električne energije in so eni nosilnih stebrov dejavnosti shrambe električne energije, ki postaja izjemno pomemben člen ohranitve zanesljivosti in stabilnosti EES. Vloga BHEE je posebej amplificirana tako tehnično, kot tudi poslovno v času pospešene energetske transformacije, ki se odlikuje s povečano implementacijo OVE in povečanje odjema električne energije ter posledično obratovalno volatilnost in tržne razmere z razponi, ki doslej niso bili zaznani v EES.

Bralcem priporočamo poglobitev v spodaj navedene reference.

4 REFERENCE

- [1] A. Momirovski, A. Gjorgjovska, M. Kernjak Jager, M. Maksić, I. Podbelšek, in B. Žitnik, „Tehno-ekonomska analiza vključitve BHEE k plinskim blokom Termoelektrarne Brestanica: študija št. 2620“, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2024. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/202292483>
- [2] „Battery Technology - ENTSO-E“. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.entsoe.eu/Technopedia/techsheets/battery-technology>
- [3] „ACER_Recommendation_03-2023_Annex_1a_NC_RfG_TC_to_original.pdf“. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_1a_NC_RfG_TC_to_original.pdf
- [4] A. Momirovski, „Tehno-ekonomske koristi uporabe BHEE pri večjih proizvajalcih in odjemalcih EE“, predstavljeno na Inovacija energetike '23, Brdo pri Kranju, 10. april 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://prosperia.si/2023/04/21/prezentacije-inovacija-energetike-2023/>
- [5] M. Maksić, A. Momirovski, in V. Cvetanoska, „Simuliranje obratovanja baterije za namen simulacij bilančnega obračuna, opis karakteristik delovanja baterije in analiza možnosti uporabe baterije: študija št. 2536“, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2021. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/96114179>
- [6] D. Matvoz *idr.*, „Multifunkcionalna raba baterijskega sistema v elektroenergetskem omrežju: študija št. 2414 = Multifunctional use of the battery energy storage system in the Slovenian power system“, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, dec. . Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/40312325>
- [7] „Domov“, URO. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.uro.si>
- [8] M. Maksić *idr.*, „Identifikacija in vrednotenje rešitev za zmanjšanje izgub V EES Slovenije: študija št. 2609“, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2024. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/187376643>
- [9] A. Momirovski *idr.*, „Tehnični in poslovni vidiki zagotavljanja vztrajnosti v EES“, predstavljeno na Referati in predstavitve 16. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2023, str. 1–20. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/162227459>
- [10] A. Momirovski, A. Gjorgjovska, M. Maksić, L. Zidarič, in I. Podbelšek, *Revizija in prenova Načrta ohranitve sistema in Načrta za ponovno vzpostavitev sistema = Revision and renovation of the emergency and restoration plans of the electric power system of Slovenia*. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2024. Pridobljeno: 19. september 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/19536998>

PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO

Moderatorja: Jonas Sonnenschein in Jelena Zorič

14.30 - 16.30

Predstavitve prispevkov

- Ivan Šmon: **Energetska tranzicija Slovenije s poudarkom na vodikovih tehnologijah in orodju Svetovnega energetskega sveta**
- Marko Širovnik: **Vloga potrdil o izvoru pri oblikovanju enotnega trga z obnovljivimi plini in vodikom**
- Andreja Ivartnik Kanduč, Igor Podbelšek: **Sistemiški pogled uvedbe novih omrežninskih tarif za uporabo elektroenergetskih omrežij**
- Miloš Pantoš, Lucija Lukas: **Vpliv novega sistema obračunavanja omrežnine na odjemalce električne energije**
- Jerneja Bogovič, Miloš Pantoš: **Analitična ocena vrednosti nedobavljene električne energije**
- Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc, Matjaž Knapič: **Trajnostno upravljanje s sedimenti za ohranjanje energetskega potenciala akumulacij HE**

ŠTIHOVA
DVORANA



Energetska tranzicija Slovenije s poudarkom na vodikovih tehnologijah in orodju Svetovnega energetskega sveta

Ivan Šmon^{1,*}

¹ SNK WEC / Elektro Gorenjska, d. d., Kranj, Slovenija

* Kontaktna oseba:

dr. Ivan Šmon, MBA

SNK WEC / Elektro Gorenjska, d. d.

E-pošta: ivan.smon@elektro-gorenjska.si

Povzetek: Slovenija se sooča z nujnostjo hitrega prehoda v nizkoogljično družbo zaradi vplivov podnebnih sprememb. Prispevek se osredotoča na uporabo vodikovih tehnologij v okviru energetske tranzicije Slovenije in vključuje analizo enega od orodij Svetovnega energetskega sveta (World Energy Council - WEC), World Energy Issues Monitor, s poudarkom na implementaciji teh tehnologij v slovenskem kontekstu v skladu s cilji Nacionalnega energetskega in podnebnega načrta (NEPN 2024). Vodik predstavlja ključno tehnologijo za razogljčenje industrije in prometa ter zagotavljanje energetske varnosti. Poleg tega NEPN 2024 predvideva vzpostavitev vodikovih polnilnih postaj na ključnih prometnih koridorjih do leta 2030 ter prilagoditev plinovodnega omrežja za primešavanje vodika z zemeljskim plinom. Slovenija je leta 2024 ohranila 11. mesto na World Energy Trilemma Indexu, kar poudarja njeno uspešnost pri zagotavljanju energetske varnosti, pravičnosti in trajnosti.

Ključne besede: vodik, energetska tranzicija, trajnostna energija, Slovenija, Svetovni energetski svet, infrastruktura, NEPN 2024.

1 UVOD

Slovenija se nahaja na prelomni točki energetske politike. Podnebne spremembe in njihovi vplivi na okolje narekujejo nujnost prehoda na obnovljive vire energije. Vodikova tehnologija je ena ključnih rešitev za prehod v nizkoogljično družbo, predvsem na področju industrije in prometa. NEPN 2024 predvideva znatna vlaganja v vodikovo infrastrukturo, vključno z izgradnjo vodikovih polnilnih postaj na prometnih koridorjih jedrnega omrežja TEN-T do leta 2030 ter prilagoditev plinovodnega omrežja za primešavanje vodika. Slovenija je v zadnjih letih bistveno povečala obnovljive vire in izboljšala energetske učinkovitost, kar podpira razvoj vodikovih tehnologij.

2 UPORABA VODIKOVIH TEHNOLOGIJ V SLOVENIJI

Slovenija je s svojo industrijsko usmerjenostjo in prometno infrastrukturo primerna za implementacijo vodikovih tehnologij. Vodik bo ključen za prehod na čisto energijo v sektorjih, kjer elektrifikacija ni praktična, kot sta težka industrija in promet. Uporaba vodika v transportu, predvsem v tovornem prometu, lahko zmanjša odvisnost od fosilnih goriv. NEPN 2024 vzpostavlja temelje za razvoj infrastrukture, vključno z elektrolizerji za proizvodnjo vodika iz presežkov električne energije iz obnovljivih virov. Nadaljnje investicije v raziskave in razvoj bodo omogočile hitrejšo vključevanje vodika v obstoječe energetske sisteme.

3 ANALIZA Z UPORABO WORLD ENERGY ISSUES MONITOR

Orodje World Energy Issues Monitor nudi pomembne vpoglede v ključne izzive in priložnosti, s katerimi se Slovenija sooča pri uvajanju vodikovih tehnologij. Kljub naraščajoči ozaveščenosti o prednostih vodika, se Slovenija sooča z več izzivi, med katerimi sta najpomembnejši pomanjkanje infrastrukture in visoki začetni stroški. Postavitev nove vodikove infrastrukture zahteva obsežne finančne vire, kar predstavlja izziv tako za javni kot zasebni sektor. Poleg tega nezadostna politična podpora in zapletena regulativa omejujeta hitrost prehoda na vodikovo tehnologijo.

Kljub tem izzivom World Energy Issues Monitor prav tako izpostavlja priložnosti za Slovenijo. Priložnosti vključujejo razvoj novih poslovnih modelov in širitev na mednarodne trge. Sodelovanje z evropskimi partnerji ter dostop do evropskih finančnih mehanizmov, kot so Inovacijski sklad EU in Evropski zeleni dogovor, bosta ključna pri zagotavljanju potrebnih sredstev za razvoj vodikove infrastrukture. Poleg tega Slovenija krepi prizadevanja za večje vključevanje lokalnih skupnosti v energetske projekte, kar spodbuja lokalne energetske zadruge in povečuje sprejemljivost novih tehnologij pri prebivalcih. Vključevanje skupnosti bo pomagalo vzpostaviti stabilnejše energetske projekte, vključno z vodikom, ter zagotoviti podporo javnosti in političnih akterjev.

Tabela 1 ponazarja glavne izzive in priložnosti, ki jih je mogoče izkoristiti za pospešitev razvoja vodikove tehnologije v Sloveniji. To vključuje optimizacijo obstoječe infrastrukture, iskanje inovativnih rešitev ter učinkovito sodelovanje med javnim in zasebnim sektorjem. Slovenija lahko z ustreznimi politikami in trdnimi investicijami postane vodilna v regiji na področju vodikovih tehnologij in tako pomembno prispeva k evropskim ciljem razogljičenja.

Tabela 1: Ključni izzivi in priložnosti za implementacijo vodikovih tehnologij v Sloveniji [World Energy Council, World Energy Issues Monitor 2024 - Slovenia Commentary in lastna analiza].

Izzivi	Priložnosti
Pomanjkanje infrastrukture za proizvodnjo in distribucijo vodika.	Razvoj in širitev vodikove infrastrukture, kot so elektrolizne naprave.
Visoki začetni stroški investicij.	Zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv in povečanje energetske varnosti.
Pomanjkanje usklajenih nacionalnih strategij.	Razvoj novih poslovnih modelov in inovativnih tehnologij za industrijo in promet.
Pomanjkanje specializiranega kadra in tehničnih strokovnjakov.	Povečanje mednarodnega sodelovanja in dostopa do evropskih sredstev.
Nezadostna politična podpora.	Povečanje konkurenčnosti slovenske industrije na globalni ravni.

4 ZAKLJUČEK

Vodik predstavlja ključno tehnologijo za energetske prehod Slovenije v prihodnost. Z uporabo orodja World Energy Issues Monitor je mogoče prepoznati glavne izzive in priložnosti za razvoj vodikove infrastrukture in širitev njene uporabe. Slovenija lahko z ustreznimi politikami in investicijami postane vodilna na področju vodikovih tehnologij v regiji in s tem pomembno prispeva k evropskim ciljem razogljičenja.

5 REFERENCE

- [1] World Energy Council: World Energy Issues Monitor 2024 - Slovenia Commentary, junij 2024.
- [2] Ministrstvo za infrastrukturo: NEPN 2024 verzija 5.0, avgust 2024.
- [3] World Energy Council: Innovation Insights Briefing - Hydrogen on the Horizon: Ready, Almost Set, Go, julij 2021.
- [4] Agencija za energijo: Poročilo o stanju v energetiki v Sloveniji za leto 2023, julij 2024.

Vloga potrdil o izvoru pri oblikovanju enotnega trga z obnovljivimi plini in vodikom

Marko Širovnik^{1,*}

¹ Plinovodi d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Marko Širovnik

Plinovodi d.o.o.

E-pošta: marko.sirovnik@plinovodi.si

Povzetek: Potrdila o izvoru so že dlje časa prisotna v evropskem energetskega prostoru. Ta so se najprej uveljavila v sektorju električne energije, z novejšo zakonodajo pa se vpeljujejo tudi na področjih obnovljivega plina in vodika. Namen potrdil o izvoru je slediti lastnostim dane količine obnovljive energije od proizvodnje do porabe. Potrdila o izvoru so ključna za vzpostavitev enotnega trga energije na nivoju EU, ki bo omogočal trgovanje z obnovljivimi plini in vodikom, ter s tem za pospešitev zelenega prehoda. Po sprejetju zakonodajnega okvirja na nivoju EU temu ustrezno sledi in se vzpostavlja tudi enotni EU trg z obnovljivimi plini in vodikom, ki bo v bodoče postal komplementarni del skupnega energetskega trga EU. Slovenija je na področju vpeljave potrdil o izvoru za obnovljive pline in vodika že naredila prve zakonodajne korake. Za vzpostavitev in uporabo potrdil o izvoru v Sloveniji za obnovljive pline in vodik, za razvoj tega trga in njegovo integracija v enotni trg EU. Potrebni pa bodo še nadaljnji koraki.

Ključne besede: potrdila o izvoru, enotni trg, obnovljivi plini, vodik

1 UVOD

Vir in način proizvodnje obnovljivih plinov lahko pomembno vplivata na dejanski doprinos uporabe obnovljivih plinov k ciljem razogljičenja. Za doseg maksimalnega učinka rabe obnovljivih plinov je potrebno jasno definirati in klasificirati različne obnovljive pline glede na njihov doprinos k ciljem razogljičenja. Klasifikacijo biometana je naslovlila direktiva RED II leta 2018 [1], klasifikacija nizkoogljičnega oz. »zelenega« vodika pa je bila ustrezno definirana z dvema delegiranimi aktoma v letu 2023 [2][3].

2 POTRDLA O IZVORU

Vsebine o potrdilu o izvoru so bile pravno prvič vpeljane leta 2001 z Direktivo o obnovljivi energiji [4]. Kasneje je bila večkrat posodobljena, kjer sta ključni zadnji dve posodobitvi direktiv RED II [1] in RED III [5].

Namen potrdil o izvoru je slediti lastnostim dane megavatne ure (MWh) obnovljive energije od proizvodnje do porabe. Tako vzpostavljeni sistem potrdil o izvoru na eni strani nudi končnim odjemalcem, da poznajo izvor

energije, ki jim je dobavljena, na drugi strani pa proizvajalcem energije omogoča, da dokažejo, da njihova energija prihaja iz obnovljivih virov. Izdaja potrdil o izvoru se izvaja za izmerjeno oddano energijo iz registriranih proizvodnih naprav. Podatki o proizvedeni energiji (meritev) izhajajo iz podatkov operaterja sistema (prenos, distribucija) v kolikor se tako proizvedena energija prenaša po omrežju in ni porabljena lokalno. Potrdila o izvoru so prenosljiva in z njimi je mogoče trgovati na energetske trgu.

Na nivoju EU je združenje izdajateljev potrdil o izvoru - AIB (Association of Issuing Body) vzpostavilo standardiziran sistem evropskih potrdil o izvoru – EECS (European Energy Certificate System). Ta zagotavlja, da so potrdila o izvoru izdana, prenesena in preklicana na usklajen način v vseh državah, zlasti pa med državami članicami EU. Ta standardizacija je ključna za čezmejno trgovanje s potrdili o izvoru in za izpolnjevanje zahtev po preglednosti v skladu z RED II [1].

3 POTRDILA O IZVORU ZA PODROČJE OBNOVLJIVIH PLINOV IN VODIKA

Za spodbujanje vzpostavitve enotnega trga z obnovljivimi plini in vodikom ter spodbujanje in usmerjanje investicij v proizvodnjo obnovljivih plinov in vodika, ki ustrezajo klasifikaciji, je nujna vzpostavitev sistema certificiranja s potrdili o izvoru. Potrdila o izvoru so ključna za vzpostavitev enotnega trga na nivoju EU, ki bo omogočal trgovanje z obnovljivimi plini in vodikom, ter s tem za pospešitev zelenega prehoda.

Večina EU držav je članic AIB in je EECS pravila že uvedla za področje elektrike, nekateri med njimi pa so tudi že uspešno zaključili postopke za izdajo potrdil o izvoru za področje obnovljivega plina. Član AIB je tudi slovenski izdajatelj potrdil o izvoru Agencija za energijo, ki pa je trenutno vključen le v področje elektrike.

3.1 Evropske prostovoljne sheme namenjene čezmejni izmenjavi obnovljivega plina in vodika

RED II [1] in iz njega izhajajoč delegiran akt EU [2] predvidevata postopke, s katerimi lahko obnovljivi plini in vodik prejmejo potrditev, da tisto kar se trži kot obnovljivi plin in »zeleni« vodik izpolnjuje zahtev prej omenjenih pravnih aktov. To se doseže preko:

- nacionalne sheme (ki jih razvijejo države članice);
ali
- mednarodne prostovoljne sheme (ki jo odobri EU v skladu s členom 30(4) RED II).

Za področje biometana, ki je prepoznan kot obnovljivi plin, evropsko združenje ERGaR (European Renewable Gas Registry) omogoča čezmejne transakcije in deluje kot evropsko združenje za vse deležnike v dobavni verigi certificiranja biometana.

Evropsko organizacija CertifHy ima vzpostavljeno shemo potrdil o izvoru za obnovljive pline s poudarkom na vodik, ki je v delegiranem aktu EU [2] prepoznan kot obnovljivo gorivo ne biološkega izvora – RFNBO (renewable fuels of non-biological origin).

Omenjene mednarodne in ostale mednarodne ter nacionalne prostovoljne sheme bodo polno uporabne le, če bodo v ključnih točkah med seboj skladne. Da bi se to zagotovilo, je evropska komisija predpisala obseg, kriterije in certificiranje prostovoljne sheme pri evropski komisiji. Zgoraj omenjeni shemi sta se že ali pa sta v postopku certificiranja pri evropski komisiji.

3.2 Potrdila o izvoru za izmenjavo obnovljivega plina in vodika v Sloveniji

Sistem certificiranja obnovljivih plinov in vodika ter trgovanja s potrdili o izvoru v Sloveniji trenutno še ni vzpostavljen. Za potrebe vzpostavitve slovenskega trga in njegovo integracijo v enotni trg EU je potrebno pripraviti ustrezne regulatorne podlage.

V zakonu ZSROVE [6] je v nacionalni pravni red prenesen RED II [1] in je s tem pravno urejena tudi izdaja potrdila o izvoru za proizvodnjo plinastih goriv iz obnovljivih virov energije in za vodikovo proizvodno napravo, pri čemer se:

- uredba, ki ureja izdajanje in transakcije s potrdili o izvoru,
- akt agencije, ki ureja vodenje registra potrdil o izvoru,

nanašata le na električno energijo.

Vzpostavitev in integracija slovenskega trga v enotni trg EU sta bistvenega pomena za razvoj domače proizvodnje in odjema obnovljivih plinov in vodika, ter s tem za učinkovito razogljičenje plinskega sektorja.

4 ZAKLJUČKI

Potrdila o izvoru na področju obnovljivih plinov (zlasti biometana) so v EU prepoznana že nekaj časa. Z direktivo RED II [1] in delegiranim aktom [2] pa se jasneje ureja tudi področje vodika in potrdil o izvoru. Znotraj EU je vzpostavljenih več prostovoljnih shem prek katerih pristojni nacionalni organi preverjajo skladnost proizvoda z zahtevami RED II [1] za namen izdaje, prenos (vključno z namenom trgovanja) in preklica potrdila o izvoru. Za omenjene prostovoljne sheme se bo skozi uporabo in čas pokazalo, če bodo vse potrebne in vzdržne ali pa bo prišlo do njihove konsolidacije. To se kaže tudi v luči prizadevanja evropske komisije po vzpostavitvi enotnega in za deležnike transparentnega trga obnovljivih plinov in vodika znotraj EU, kar nakazuje tudi uvedba centralne baze podatkov (UDB) za spremljanje in sledenje trajnostnih značilnosti obnovljivih goriv in bioenergije v EU. K temu področju pristopa tudi Slovenija, ki je v pravni red že vpeljala potrdila o izvoru za obnovljivi plin in vodik. Potrebni pa bodo še nadaljnji koraki tako v smeri dodatne ureditve v podzakonskih aktih kot tudi aktivnejša vključitev obstoječih in novih deležnikov plinskega in novo nastajajočega vodikovega trga.

5 REFERENCE

- [1] Direktiva (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in sveta z dne 11. decembra 2018 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov.
- [2] Delegirana uredba Komisije (EU) 2023/1184 z dne 10. februarja 2023 o dopolnitvi Direktive (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in Sveta z vzpostavitev metodologije Unije, s katero se določijo podrobna pravila za proizvodnjo tekočih in plinastih goriv iz obnovljivih virov nebiološkega izvora, namenjenih uporabi v prometu.
- [3] Delegirana uredba Komisije (EU) 2023/1185 z dne 10. februarja 2023 o dopolnitvi Direktive (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in Sveta z določitvijo minimalnega praga za prihranke emisij toplogrednih plinov zaradi uporabe recikliranih ogljičnih goriv in z določitvijo metodologije za oceno prihrankov emisij toplogrednih plinov zaradi uporabe tekočih in plinastih goriv iz obnovljivih virov nebiološkega izvora, namenjenih uporabi v prometu, ter recikliranih ogljičnih goriv.
- [4] Direktiva 2001/77/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. septembra 2001 o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije na notranjem trgu z električno energijo.
- [5] Direktiva (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in sveta z dne 18. oktobra 2023 o spremembi Direktive (EU) 2018/2001, Uredbe (EU) 2018/1999 in Direktive 98/70/ES glede spodbujanja energije iz obnovljivih virov ter razveljavitvi Direktive Sveta (EU) 2015/652.
- [6] Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (ZSROVE), Uradni list 121/2022, Državni zbor RS, september 2022.

Sistemeski pogled na uvedbo novih omrežninskih tarif za uporabo elektroenergetskih omrežij

Avtorja: mag. Andreja Ivartnik Kanduč^{1*}, mag. Igor Podbelšek²

1 EIMV, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Andreja Ivartnik Kanduč

EIMV (Elektroinštitut Milan Vidmar)

E-pošta: andreja.kanduc@eimv.si

Povzetek:

Močno spremenjena struktura proizvodnih virov električne energije in ekstremno večanje deleža razpršenih obnovljivih virov, močno vpliva na zanesljivost obratovanja sistema in s tem postavlja nove izzive za zagotavljanje stabilnosti oskrbe in sigurnosti obratovanja omrežij. Zagotavljanje stabilnosti obratovanja tako postaja vse večji izziv, tako tehnično, kot tudi stroškovno. S ciljem, da bo kakovost oskrbe z električno energijo ostala na nivoju, ki smo bili vajeni do sedaj, hkrati pa se strošek delovanja elektroenergetskega sistema ne bo preveč dvignil, moramo svoj delež prispevati tudi uporabniki omrežja z aktivnim prilagajanjem odjema in oddaje v omrežje. Aktivno prilagajanje uporabnikov lahko spodbudimo s ponudbo produktov trga (eksplicitna prožnost) ali z regulatornimi ukrepi (implicitna prožnost). Nova metodologija za izračunavanje omrežninskih tarif, ki z zamiki stopa v veljavo 1.10. 2024 je zasnovana tako, da spodbuja zeleni prehod, hkrati pa aktivira implicitno prožnost pri uporabniku omrežja. V prispevku smo podali sistemeski pogled zakaj so bolj dinamične omrežninske tarife vzpodbudne za učinkovitejšo rabo elektroenergetskih omrežij.

Ključne besede: omrežninske tarife, učinkovita raba omrežij, implicitna prožnost, eksplicitna prožnost, aktivni odjemalec

1 UVOD

Uredba 2019/943[1] v členu 18. določa način oblikovanja cen omrežnine. Cene omrežnine morajo odražati stroške operaterja, morajo biti pregledne in se uporabljati na nediskriminatoren način. Metodologija, ki jo predpisuje Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje[2] (v nadaljevanju Akt) temelji na teh načelih, pri čemer upošteva še Priporočila za prioriteto načel regulatorjem gospodarskih javnih služb[3]. Pri tem regulativni okvir upoštevati nova dejstva - energetske prehode oz. transformacijo elektroenergetskega sektorja in jih pravilno spodbuja.

2 NAČELA OBLIKOVANJA METODOLOGIJE ZA IZRAČUN OMREŽNINSKIH TARIF

2.1 Načelo ekonomske učinkovitosti

Elektrooperaterji izvajajo gospodarsko javno službo in so kot taki nadzorovani in regulirani. Načelo ekonomske učinkovitosti jih torej že v osnovi zavezuje k učinkovitosti in racionalnosti. Glavni strošek elektrooperaterjev predstavljajo omrežja za prenos in distribucijo električne energije, njihovo upravljanje in vzdrževanje. Gonilo novih investicij v omrežje pa so povečane konične obremenitve, ki jih pa povzročamo uporabniki omrežja. Uporabniki omrežja smo torej tisti, ki s svojim načinom odjema in proizvodnje bistveno vplivamo na potrebne investicije v omrežje. To dejstvo naslavlja nov model obračunavanja omrežnine, ki temelji na dogovorjeni moči za časovni blok in ne več na zakupljeni pasovni moči. Dogovorjena moč je vnaprej določena obračunska moč uporabnika sistema, ki ne sme biti večja od priključne moči iz soglasja za priključitev in je lahko za vsak

časovni blok drugačna, pri čemer je v časovnem bloku največje obremenitve omrežja najnižja ali enaka kot v manj obremenjenih časovnih blokih. Tarifne postavke za moč so zasnovane tako, da so višje v času največjih obremenitev in se s nižanjem zasedenosti omrežja nižajo. Tako dajejo ustrezne cenovne signale odjemalcem, da s prilagajanje ustvarjajo lastne prihranke, hkrati pa pomagajo omrežju. Načelo ekonomske učinkovitosti torej prinaša koristi tako operaterjem kot odjemalcem.

2.2 Načela pravičnosti, preglednosti in povrnitve stroškov

Uporabniki omrežja so tako odjemalci kot proizvajalci. Trenutni Akt še ne predvideva plačila omrežnine za proizvajalce, zato se bomo pri analizi koristi omejili na odjemalce. Eno od omrežninskih načel je načelo pravičnosti. **Pravičnost/nediskriminatornost** gledamo na eni strani kot enakovredno obravnavo vseh skupin potrošnikov in odpravo navzkrižnih subvencij za različne skupine. Vsak, ki porablja električno energijo pod enakimi pogoji in na enak način v enakem času, plača enako.

Načelo pravičnosti lahko razumemo tudi iz vidika pravičnejše delitve stroškov uporabe sistema, zlasti zato, ker razpolagamo s podatki. Tako lahko bolj natančno kot v preteklosti pripišemo stroške posamezni skupini odjemalcev in jih razdelimo glede na podatke o odjemu z visoko granulacijo časovnih meritev (15 min). Od tukaj se takoj navežemo na načelo **preglednosti**, saj s podatki prihaja tudi večja transparentnost glede generiranja in pokrivanja stroškov. Na podlagi modela omrežja in stroškov omrežja se določijo stroški posameznega nivoja, ki so osnova za določitev tarifnih postavk omrežnine posamezne uporabniške skupine. Tipični stroški, ki se delijo glede na nastanek so:

- Stroški izgub električne energije, ki se neposredno pripišejo tistemu nivoju, kjer nastajajo.
- Amortizacija ter donos na sredstva, ki se pripišejo posameznemu nivoju glede na delitev sredstev elektroenergetske infrastrukture.
- Stroški delovanja in vzdrževanja, ki se za posamezni nivo določijo na podlagi realizirane vrednosti stroškov vzdrževanja primarne opreme in gradbenih objektov po posameznem nivoju.

Stroški sistemskih storitev nastajajo le pri sistemskemu operaterju, zato so v celoti pripisani sistemskemu operaterju. Tako pridemo do načela **povrnitve stroškov** elektrooperaterjem, ki jim morajo biti stroški nastali iz opravljanja gospodarske javne službe povrnjeni skozi omrežnino, in so zaradi več razpoložljivih podatkov bolj razdelani in bolj pravično razdeljeni.

3 ZAKLJUČKI

Ena od pomembnih nalog nove metodologije omrežninskih tarif je, da podpira izzive zelenega prehoda kar smo s simulacijami tudi potrdili.

Učinki nove metodologije za izračun omrežninskih tarif so:

- Podpira prehod v **ogljikno nevtrarno družbo**. Z aktivno vlogo odjemalcev električne energije spodbuja optimalno izrabo virov za prenos električne energije.
- Podpira prehod v pravično in uspešno družbo s **sodobnim in konkurenčnim gospodarstvom**. Z dostopom do podatkov in možnostjo aktivne vloge v odjemu metodologija postavlja temelje za razvoj drugih dejavnosti, kot so izraba prožnosti na trgu z električno energijo, optimiranje lasne porabe, razvoj storitev prilagajanja za odjemalce, itd.

4 REFERENCE

- [1] 'UREDBA (EU) 2019/ 943 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA - z dne 5. junija 2019 - o notranjem trgu električne energije'.
- [2] 'Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje', pisrs. Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: <http://pisrs.si>
- [3] Convery F. J., K. Mohlin K., E. Spiller E., 'Environmental Defense Fund. Designing Electric Utility Rates: Insights on Achieving Efficiency, Equity, and Environmental Goals.', *Oxf. Univ. Press* 2017.

Vpliv novega sistema obračunavanja omrežnine na odjemalce električne energije

Miloš Pantoš^{1,*} in Lucija Lukas¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Miloš Pantoš

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: milos.pantos@fe.uni-lj.si

Povzetek: Z oktobrom 2024 naj bi se začel uporabljati nov način obračunavanja omrežnine za odjemalce električne energije. Ker omrežnina ni zanemarljiva postavka v okviru stroškov, povezanih z dobavo električne energije, je smiselno analizirati, kaj novi obračun omrežnine prinaša odjemalcem. Prispevek podaja rezultate statistične analize, ki zajema več kot 1000 odjemalcev, pri čemer je poudarek na primerjavi obstoječe in nove omrežnine. Rezultati kažejo, da se bo omrežnina za odjemalce na NN nivoju v povprečju znižala za približno 20 %, za odjemalce na SN nivoju pa zvišala za približno 15 %. Cilj novega načina obračunavanja omrežnine je vsekakor vzpostaviti pravičen način porazdelitve stroškov omrežja med njegove uporabnike in podpreti zeleni prehod energetike.

Ključne besede: omrežnina, omrežninske tarife, časovni bloki, hranilnik električne energije, prožnost odjema električne energije, optimizacija odjema električne energije.

1 UVOD

Agencija za energijo uvaja nov način obračunavanja omrežnine [1] kot del prizadevanj v okviru zelenega prehoda energetike. Eden izmed ključnih ciljev novega načina obračunavanja omrežnine je pravična porazdelitev stroškov omrežja med njegove uporabnike na podlagi dejanske uporabe, ki temelji na analizi 15-minutnih podatkih o odjemu električne energije, če so ti na razpolago. Omrežnina je ena od sestavnih postavk pri obračunu mesečnega ali letnega stroška električne energije in je namenjena pokrivanju stroškov vzdrževanja in obratovanja prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja. Prispevek podaja rezultate statistične primerjave obstoječe in nove omrežnine za več kot 1000 odjemalcev.

2 NOVA METODOLOGIJA ZA OBRAČUNAVANJE OMREŽNINE

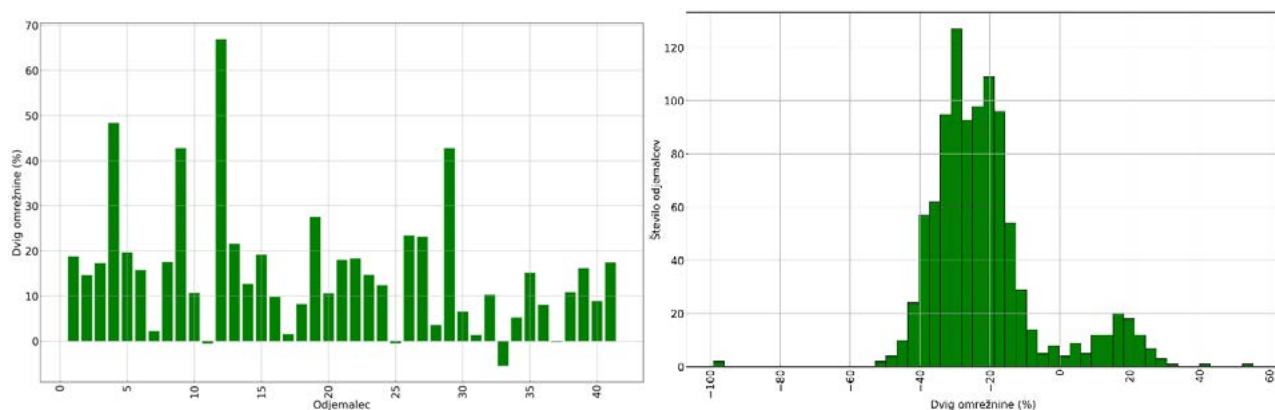
Namesto sedanjega dvotarifnega sistema [2], ki temelji na uporabi večje (VT) in manjše tarife (MT) oz. enotne tarife (ET), bo vzpostavljen sistem s petimi časovnimi bloki s pripadajočimi tarifami za prevzeto EE in obračunsko moč, [1]. Poleg tega se uvaja doplačilo za preseženo dogovorjeno obračunsko moč. Novosti novega načina obračunavanja omrežnine je mogoče povzeti v naslednjih točkah: i) časovni bloki so določeni glede na sezono, tip dneva in čas v dnevu; ii) za vsak časovni blok bosta veljali tarifa za prevzeto energijo in tarifa za dogovorjeno obračunsko moč; iii) dogovorjena obračunska moč se bo določila na podlagi statistične analize odjema v prejšnjem letu; iv) ob prekoračitvi dogovorjene obračunske moči se bo zaračunalo doplačilo v skladu s faktorji utežitve presežne moči. Nova omrežninska ureditev za odjemalce torej prinaša kar nekaj sprememb. Odjemalci bodo lahko znižali omrežnino s prilagajanjem odjema petim tarifnim blokom. Pri prilagajanju odjema bodo morali obvezno upoštevati tudi veljavne ali nove pogodbene nabavne cene za EE, saj je strošek nakupa EE velik delež končnega zneska na položnici.

3 REZULTATI

Pri analizi omrežnine sta zajeti dve skupini odjemalcev. V prvi skupini je 41 odjemalcev, od tega jih je 7,32 % priključenih na NN omrežje, preostalih 92,68 % pa na SN omrežje. Druga skupina vsebuje 1000 odjemalcev, pri čemer je 90,46 % priključenih na NN omrežje in 9,54 % na SN omrežje. Velja torej, da so v prvi skupini pretežno odjemalci, ki so priključeni na SN omrežje, drugo skupino pa sestavljajo pretežno odjemalci, ki so priključeni na NN omrežje. Analiza ne zajema odjemalcev na VN omrežju.

Slika 1 prikazuje spremembo omrežnine s preходом na nov način njenega obračunavanja za vsako skupino odjemalcev posebej. Levi del slike velja za prvo skupino, pri čemer se izkaže, da se večini odjemalcev (37 od 41) omrežnina zviša. V povprečju je omrežnina višja za 15,48 %. Desni del slike podaja rezultate za drugo skupino odjemalcev in sicer gre za verjetnostno porazdelitev 1000 odjemalcev glede na dvig omrežnine. Izkaže se, da se večini odjemalcev omrežnina zniža. Povprečno znižanje omrežnine je tako 21,56 %.

Ugotavljamo torej, da se bo odjemalcem na NN nivoju omrežnina najverjetneje znižala, odjemalcem na SN nivoju pa zvišala. Raziskava sicer ne zajema odjemalcev na VN nivoju, a druge analize, [3], kažejo, da se bo tem odjemalcem omrežnina zvišala.



Slika 1: Dvig omrežnine za obe skupini odjemalcev.

4 ZAKLJUČKI

Cilj novega sistema obračunavanja omrežnine je pravično porazdeljevanje stroškov omrežja med odjemalce na podlagi upoštevanja dejanske uporabe omrežja. S petimi tarifnimi bloki se želi doseči tudi razbremenitev omrežja v času najvišjih obremenitev. S tem bi se lahko izognili določenim naložbam v omrežje ali jih odložili. Analiza kaže, da se bo odjemalcem na NN nivoju v povprečju omrežnina znižala za približno 20 %, odjemalcem na SN nivoju pa zvišala za približno 15 %. Druge analize kažejo, da se bo odjemalcem na VN nivoju omrežnina zvišala, a te ugotovitve bi bilo treba potrditi z dodatnimi analizami. Prav tako je pričakovati, da bodo lahko odjemalci s prilagajanjem odjema znižali omrežnino ter hkrati prispevali k razbremenjevanju omrežja.

5 REFERENCE

- [1] Agencija za energijo: Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje, Uradni list RS, št. 146/22, 161/22, 50/23, 71/23, 117/23, 5/24, 30/24, 49/24.
- [2] Agencija za energijo: Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira in metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje, Uradni list RS, št. 46/18, 47/18 – popr., 86/18, 76/19, 78/19 – popr., 85/20, 145/21, 172/21 – ZOOE, 123/22, 146/22.
- [3] PANTOŠ M., LUKAS L.: Prilagajanje odjema električne energije novemu sistemu za obračunavanje omrežnine, Elektrotehniški vestnik, let.: 90, št.: 4, 2023.

Analitična ocena vrednosti nedobavljene električne energije

Jerneja Bogovič^{1,*} in Miloš Pantoš¹

¹ Laboratorij za elektroenergetske sisteme, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Jerneja Bogovič

Institucija/podjetje: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: jerneja.bogovic@fe.uni-lj.si

Povzetek: V letu 2019 je Evropska unija sprejela sveženj zakonodajnih dokumentov z imenom Čista energija za vse Evropejce, katerih cilj je varna, cenovno dostopna in trajnostna oskrba z električno energijo. V okviru Uredbe 2019/943, ki je del zakonodajnega svežnja, morajo države članice izračunati tudi kazalnik *VoLL* (angl. Value of Lost Load), ki predstavlja vrednost nedobavljene električne energije.

Kazalnik *VoLL* se v okviru uredbe določi z anketiranjem odjemalcev o njihovi pripravljenosti na plačilo, da ne bi ostali brez napajanja z električno energijo. Ker je anketiranje dolgotrajen postopek, se v literaturi kot alternativno možnost navaja uporabo analitične ocene, ki uporablja makroekonomske in statistične podatke.

V okviru prispevka je izračunana vrednost kazalnika *VoLL* z uporabo statističnih podatkov za Slovenijo ter ostale države Evropske unije. Pri tem vrednost kazalnika *VoLL* za Slovenijo za leto 2023 znaša 5.019 €/MWh in je pod povprečjem držav Evropske unije.

Ključne besede: Vrednost nedobavljene električne energije, bruto dodana vrednost, standard zanesljivosti.

1 UVOD

Ena izmed nalog systemskega operaterja prenosnega in distribucijskega omrežja je prenos in dobava električne energije odjemalcem, ki mora ustrezati zakonsko določenim standardom. Kljub temu da operaterji omrežja skrbijo, da ne bi prišlo do prekinitev, se te zaradi različnih vzrokov zgodijo.

Prekinitev dobave električne energije odjemalcem povzroči škodo, ki se izrazi s kazalnikom *VoLL* kot vrednost nedobavljene električne energije. Za določitev vrednosti kazalnika *VoLL* se je v preteklosti uporabljalo različne metode (študija specifičnih izpadov, anketiranje odjemalcev glede škode, anketiranja odjemalcev glede pripravljenosti na plačilo, da do prekinitev dobave električne energije ne bi prišlo ali/in analitična ocena iz javno dostopnih podatkov različnih makroekonomskih kazalnikov), zaradi česar je prihajalo do težav pri primerjavi rezultatov [1]. V izogib različnim ocenam je Evropska unija sprejela enotno metodologijo za izračun kazalnika *VoLL*, ki temelji na anketiranju odjemalcev o njihovi pripravljenosti na plačilo, dobljene vrednosti pa se hkrati primerja z analitično oceno na podlagi makroekonomskih kazalnikov [2].

V prispevku je predstavljena metodologija za izračun kazalnika $VoLL$, ki temelji na analitični oceni. Sledi izračun vrednosti kazalnika $VoLL$ za Slovenijo ter ostale države Evropske unije z uporabo predstavljene metode ter primerjava z vrednostmi, pridobljenimi na podlagi ankete.

2 METODOLOGIJA IZRAČUNA KAZALNIKA $VoLL$

Posredna, analitična ocena kazalnika $VoLL$ vrednoti nedobavljeno električno energijo na podlagi različnih kazalnikov ali spremenljivk, predvsem makroekonomskih kazalnikov. V literaturi je najpogosteje uporabljen makroekonomski kazalnik bruto dodane vrednosti (BDV) ter letna poraba električne energije (W_k), pri čemer se kazalnik $VoLL$ izračuna po enačbi $VoLL = BDV / W_k$ [3].

Prednost posredne, analitične ocene kazalnika $VoLL$ je, da je enostavna za izračun ter uporablja podatke, ki so na voljo, zato je posledično cenejša in hitrejša za izvedbo. Slabost ocene pa je, da temelji na dokaj omejujočih in pogosto nerealističnih predpostavkah, kar posledično vodi do splošnih namesto specifičnih rezultatov.

3 VREDNOSTI KAZALNIKA $VoLL$

Po zgoraj opisani metodi smo izračunali vrednosti kazalnika $VoLL$ za Slovenijo za preteklih osem let, tj. od leta 2016 naprej. Ker vrednost kazalnika BDV narašča [4], hkrati pa poraba električne energije stagnira [5], posledično narašča vrednost kazalnika $VoLL$ in se je od leta 2016 povišala iz 3.082 €/MWh na 5.019 €/MWh.

V primerjavi z ostalimi državami smo imeli v letu 2023 v Sloveniji nižjo vrednost kazalnika $VoLL$, kot je povprečje v Evropski uniji, ki znaša 6.584 €/MWh. Najnižjo vrednost kazalnika $VoLL$ ima Bolgarija in znaša 2.887 €/MWh. Najvišjo vrednost kazalnika $VoLL$ pa ima Irska z vrednostjo 16.664 €/MWh. Hkrati je zaslediti tudi trend, da imajo države zahodne Evrope višjo vrednost kazalnika $VoLL$ kot države vzhodne Evrope.

Nenazadnje pa smo ocenjene vrednosti kazalnika $VoLL$ primerjali še z rezultati, pridobljenimi z anketami po predpisani metodologiji Evropske unije [6]. Z izjemo Češke ter Luksemburga imajo vse države, ki so izvedle anketiranje, oceno vrednosti kazalnika $VoLL$ nižjo, kot je vrednost pridobljena z anketo. Kljub temu da je ima Irska najvišjo ocenjeno vrednost kazalnika $VoLL$ po zgoraj opisani metodi, je odstopanje od vrednosti, pridobljene z anketo, najmanjše. V primeru ostalih držav pa je odstopanje od 50 % pa vse do 600 %. Tudi Slovenija, ki ima vrednost kazalnika $VoLL$, pridobljenega z anketiranjem, 10.700 €/MWh, ni izjema, saj je odstopanje 113 %. Razlog za nastali razkorak je, da se v okviru makroekonomskih kazalnikov ocenjuje vrednost nedobavljene električne energije v primeru normalnega delovanja, ne upošteva pa se pripravljenosti odjemalca na plačilo, da ne bi ostal brez napajanja, kar bi odjemalcem povzročilo dodatno škodo.

4 ZAKLJUČKI

V prispevku smo izvedli izračun vrednosti nedobavljene električne energije s kazalnikom $VoLL$ na podlagi posredne, analitične ocene, pri čemer sta kot vhodna parametra uporabljena makroekonomski kazalnik bruto dodane vrednosti in statistični podatek o letni porabi električne energije. Izračun kazalnika $VoLL$ smo izvedli tako za Slovenijo kot za vse države Evropske unije. Dobljene rezultate smo primerjali z vrednostmi, pridobljenimi z anketiranjem odjemalcev o pripravljenosti na plačilo. V večini primerov so vrednosti kazalnika $VoLL$ pridobljenega na podlagi analitične ocene, nižje od vrednosti, pridobljenimi z metodo anektiranja, kar je v skladu s pričakovanji.

5 REFERENCE

- [1] BOGOVIČ J, DAVIDOV S, PANTOŠ M.: Vrednotenje nedobavljene električne energije ob prekinitev dobave: študija št. 09/2017, Fakulteta za elektrotehniko, 2018.
- [2] Methodology for calculating the value of lost load, the cost of new entry and the reliability standard, ACER, 2020.
- [3] Study on the estimation of the value of lost load of electricity supply in Europe, Cambridge Economic Policy Associates Ltd., 2018.
- [4] Gross value added at basic prices, World Bank Open Data, 2024.
- [5] Supply, transformation and consumption of electricity, Eurostat, 2024.
- [6] Security of EU electricity supply, ACER, 2023.

Trajnostno upravljanje s sedimenti za ohranjanje energetskega potenciala akumulacij HE

dr. Polonca Ojsteršek^{1*}, dr. Boštjan Gregorc¹, Jure Mlačnik² in mag. Matjaž Knapič³

1 Dravske elektrarne Maribor d.o.o., Maribor, Slovenija

2 Inštitut za Hidravlične raziskave, Ljubljana, Slovenija

3 HSE Invest d.o.o., Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

dr. Polonca Ojsteršek

Dravske elektrarne Maribor d.o.o.

polonca.ojstersek@dem.si

Povzetek: Z odlaganjem in kopičenjem sedimenta se zmanjšuje energetski potencial akumulacij ter tako omejuje proizvodnjo električne energije. Hkrati lahko sediment, odložen v bližini pregrad in pretočnih polj, vpliva na pretok vode do turbin in čez pretočna polja, kar zahteva spremembe v obratovanju. Nenazadnje lahko prekomerna sedimentacija vpliva na varnost pregrade, omejuje plovbo, namakanje, zmanjšuje poplavno varnost, poslabša ekološki potencial vodnega telesa in ovira druge funkcije, ki jih je upravljaavec hidroelektrarn dolžan zagotavljati.

Če želimo omiliti posledice sedimentacije in vzpostaviti določeno ravnovesje med dotokom in odtokom sedimenta iz akumulacij lahko uporabimo številne ukrepe. Seveda pa je za optimalno in dolgoročno učinkovitost teh ukrepov potreben celovit pristop, od izdelave hidravličnih modelov za celotno verigo hidroelektrarn, priprave strategije trajnostnega upravljanja s sedimenti in akcijskega načrta za implementacijo ukrepov ob upoštevanju številnih robnih pogojev ter iskanju kompromisov z deležniki. V prispevku bo predstavljeno kako smo k reševanju problema pristopili v družbi Dravske elektrarne Maribor d.o.o.

Ključne besede: akumulacija, energetski potencial, sedimentacija, hidravlično modeliranje, ukrepi, strategija trajnostnega upravljanja s sedimenti.

1 UVOD

Akumulacije hidroelektrarn (HE) so zasnovane za kratkoročno ali dolgoročno zadrževanje vode, s čimer omogočajo prilagajanje na spremembe v porabi energije in obvladovanje koničnih obremenitev. Vendar se v večini akumulacij po več desetletjih delovanja zaradi odlaganja sedimentov (sedimentacije) zmanjšuje celotni, delno pa tudi koristni volumen in s tem energetski potencial. Raziskave so pokazale, da se je do leta 2022 zaradi sedimentacije kapaciteta koristnega volumna v akumulacijah po svetu zmanjšala za okvirno 16 %, do leta 2050 pa bi lahko delež izgube koristnega volumna akumulacij v Evropi znašal že čez 25 % [1]. Zaradi podnebnih sprememb se situacija poslabšuje.

Po razcvetu intenzivnejše gradnje hidroelektrarn v 60- in 70-ih letih 20. stoletja se o težavah zaradi odlaganja sedimenta ni veliko razglabljalo. Kaj kmalu pa je postalo jasno, da je večina najboljših lokacij za nove objekte

že zasedenih, da je umeščanje objektov v prostor in njihova gradnja dolgotrajen in zahteven proces. Ob tem pa je potrebno upoštevati tudi druge pozitivne gospodarske in socialne funkcije hidroenergetskih objektov, kot je varstvo pred poplavami, zagotavljanje vode za namakanje, omogočanje plovbe, ribolova idr. Zato je ključno učinkovito vzdrževanje obstoječih objektov in s tem trajnostno upravljanje s sedimentom. To pa pomeni celovit pristop s skrbno načrtovanimi ukrepi za vzpostavitev ravnovesja med dotokom in odtokom sedimenta, ki vključuje izdelavo hidravličnih modelov za celotno verigo hidroelektrarn, pripravo strategije trajnostnega upravljanja s sedimenti, ter oblikovanje akcijskega načrta za implementacijo ukrepov. Pri tem je pomembno upoštevati robne pogoje zakonodaje in poiskati kompromise z deležniki.

Veriga hidroelektrarn (HE) na reki Dravi predstavlja enega izmed pomembnejših stebrov proizvodnje električne energije v Sloveniji, saj skupna proizvodnja predstavlja približno četrtno električne energije proizvedene v Sloveniji. Na reki je postavljenih osem hidroelektrarn in tri male hidroelektrarne, ki ob povprečnem letnem pretoku proizvedejo cca. 2,8 TWh električne energije letno.

Za zagotavljanje dolgoročne zmogljivosti hidroenergetskih objektov mora družba Dravske elektrarne Maribor d.o.o. (DEM) v skladu s koncesijsko pogodbo zagotavljati še poplavno varnost, namakanje, plovbo, ribolov ter ohranjati biodiverzitetu in v ta namen zagotoviti ukrepe za preprečevanje škodljivega odlaganja sedimentov, ki bi zmanjšali akumulacijsko sposobnost bazenov. Zato smo v družbi DEM pristopili k celovitim rešitvam z dolgoročno učinkovitimi ukrepi, s katerimi bomo lahko prispevali k trajnostni rabi vodnih virov in zanesljivi oskrbi z energijo.

2 TRAJNOSTNO UPRAVLJANJE S SEDIMENTI

2.1 Sedimentacija v akumulacijah HE na reki Dravi

Sedimenti (mineralni in organski delci ali plavine) se z vodnim tokom premeščajo od višje ležečih območij proti nižje ležečim delom rečnega sistema. Ta naravni proces se z izgradnjo jezov in pregrad spremeni, hitrosti vode se zmanjšajo in odlaganje sedimentov (sedimentacija) se pospeši. Z leti obratovanja hidroelektrarn se sediment odlaga vse bližje pregradi ter postopno zapolni celotni in koristen volumen. Upoštevati je treba tudi dejstvo, da se s spremenjenimi padavinskimi vzorci in bolj ekstremnimi vremenski pojavi poveča dotok sedimenta s prispevnih površin in pritokov. Ob tem daljša sušna obdobja zmanjšajo pretok rek, kar upočasni tok vode in poveča odlaganje sedimenta, ki ga kasneje visoke vode lokalno ponovno premeščajo [2].

Na podlagi spremljanja morfološkega stanja in z meritvami prečnih profilov akumulacij HE na reki Dravi je razvidno, da se količina odloženega sedimenta v koristnem volumnu hitro povečuje in zmanjšuje dnevne proizvodne zmogljivosti HE. Kapaciteta celotnega volumna se je do leta 2023 zmanjšala za 29 % iz prvotnih 108,99 mio. m³, medtem ko se je za dobrih 6 % zmanjšal koristen volumen s prvotnih 15,71 mio. m³. Če pogledamo z vidika upravljanja s sedimenti, to predstavlja 544.000 m³ sedimenta v koristnem volumnu vseh akumulacij, ki bi ga za popoln energetski izkoristek morali premestiti ali odstraniti.

2.2 Numerično modeliranje procesov premeščanja in odlaganja sedimentov v akumulacijah hidroelektrarn

Obstajajo številni učinkoviti ukrepi za zmanjševanje odlaganja, pospeševanje erozije in premeščanja sedimentov. Katere ukrepe je smiselno in mogoče izvesti pa je odvisno od vrste in načina obratovanja objekta, hidro-morfoloških lastnosti akumulacij, starosti objekta, lastnosti sedimentov, tehnične izvedljivosti posameznega ukrepa, pravnih okvirjev, ekonomike in sprejemljivosti z vidika deležnikov.

Pri izbiri najprimernejših ukrepov so numerični in/ali fizični hidravlični modeli pomembno orodje, saj omogočajo analizo stanja in simulacijo kompleksnih hidravličnih in morfoloških procesov, ki se pojavljajo v zadrževalnikih kot tudi vpliva učinkov različnih ukrepov na delovanje hidroelektrarne, okolje in naravo. Zavedati pa se je treba, da so numerični modeli odvisni od količine in natančnosti vhodnih podatkov in predpostavk, ki jih vsebujejo. Zato je ključno, da so modeli dobro validirani in umerjeni, da zagotovimo njihovo zanesljivost in uporabnost pri oblikovanju scenarijev, usklajevanju z deležniki in sprejemanju odločitev.

Da bi čimbolj celovito pristopili k reševanju problema se je najprej naročila izdelava Hidravličnega modela verige hidroelektrarn DEM in fizičnega modela referenčnega objekta za ustrezno varno načrtovanje prevajanja visokovodnega vala in transporta sedimentov. Zaključki študije so z vidika transporta sedimentov podali osnovna

izhodišča za upravljanje s sedimenti in predlog pri katerih pretokih in hitrostih vode se pričakuje večji obseg erozije odloženih delcev in pričetek transporta sedimentov. Ob tem bi bilo v prihodnje treba izdelati še podrobnejše analize hitrosti za različne pretoke, analizo nestalnih pojavov/valov po posameznih akumulacijah in dolgoročno modeliranje gibanja sedimentov po cikličnih spiranjah in drugih strukturnih ukrepih v akumulacijah.

V tej smeri je bil izdelan Numerični model za kvantitativno oceno učinkovitosti ukrepov in analizo trenutnih razmer za Ptujsko jezero. S tem modelom se je po preučitvi razmer že vzpostavilo orodje za preverjanje učinkovitosti posameznih načrtovanih ukrepov in ureditev v Ptujem jezera, kar daje odlično podlago za usklajevanje z deležniki, kot so Zavod RS za varstvo narave, Direkcija RS za vode, lokalne skupnosti, ribiške družine, turistično-rekreacijska društva idr.

2.3 Strategija trajnostnega upravljanja s sedimenti in Akcijski načrt implementacije ukrepov

Da bi si začrtali jasno pot do cilja se je oblikovala Strategija trajnostnega upravljanja s sedimenti, ki obsega analizo trenutnega stanja, projektov, modelov in študij, relevantne zakonodaje in ključnih deležnikov. Hkrati se je na podlagi znanstvene in strokovne literature [3,4 idr.], spletnih strani upravljalcev in Načrta upravljanja voda RS (NUV III) identificiralo ukrepe, tehnike in tehnologije za ravnanje s sedimenti v akumulacijah.

Ob upoštevanju številnih dejavnikov, kot je starost objektov, dinamika vodnega toka in morfologija akumulacij, lastnosti sedimentov, načina obratovanja, lege v prostoru in pravni okvirji, se je izbralo kombinacijo ukrepov za celotno verigo akumulacij na reki Dravi, ki je tehnično, okoljsko in ekonomsko sprejemljiva. Nato se je na podlagi Strategije izdelal Akcijski načrt implementacije ukrepov, ki je podrobneje opredelil aktivnosti in časovnico za izvedbo ukrepov po posameznih akumulacijah.

2.4 Prvi ukrepi v akumulaciji HE Formin

HE Formin je druga največja hidroelektrarna družbe DEM s povprečno letno proizvodnjo 548 GWh. Akumulacija HE Formin (Ptujsko jezero) ima značilno tokovno sliko in hidro-morfološke razmere. Zaradi velike širine in globine jezera so hitrosti vode v jezeru, predvsem na dolvodni polovici in zalivih v gorvodni polovici jezera bistveno manjše in prav tam je odlaganje sedimentov najbolj intenzivno. Posledično se ta območja hitro zarastejo, postopoma vse bolj širijo, kar otežuje vzdrževanje. Čeprav je delež zmanjšanja koristnega volumna zaenkrat 4 %, lahko do leta 2030 naraste do 16 %. Vsekakor je v akumulaciji HE Formin najbolj izrazit vpliv zmanjšanja koristnega volumna, zato je izvedba ukrepov, ki bodo preprečili odlaganje sedimentov na najbolj kritičnih območjih, omogočali dehidracijo in odstranjevanje sedimentov za njihovo nadaljnjo uporabo ali predelavo, nujna. Prav tako je treba upoštevati, da je ta akumulacija zadnja v verigi koncesionarja DEM in da bodo predvideni ukrepi v gorvodnih akumulacijah povečali dotok sedimentov.

V letu 2024 je bila izdelana projektna dokumentacija s katero se nadaljuje že več let trajajoča ekološka sanacija brežin, kar pomeni prečrpavanje sedimenta na asfaltno brežino za posebej zasnovano konstrukcijo. S tem se odstranjuje sediment iz koristnega volumna in istočasno varuje asfaltno oblogo. Na nekaterih območjih bodo ta območja večja in bodo omogočala odvoz dehidriranega sedimenta v nadaljnjo uporabo. Za ureditev dostopa do teh območij je v izdelavi projektna dokumentacija na levem bregu akumulacije. Vse predvidene rešitve bodo zahtevale novo conacijo Ptujkega jezera in uskladitev z vsemi deležniki. Usklajevanja na področju ohranjanja narave že potekajo. Na zahtevo ZRSVN je v zaključni fazi izdelave študija vpliva premeščanja sedimenta na habitate in nanje vezane rastlinske in živalske vrste, kjer sodelujejo izdelovalci numeričnega modela, strokovnjaki DOPPS, NIB in ZZRS.

Ker je sediment po odstranitvi iz vodnega telesa tretiran kot odpadke, ga je treba za nadaljnjo uporabo v skladu s predpisi ustrezno predelati. Predelava pa je odvisna od lastnosti sedimenta, namen in področje uporabe. V sodelovanju z Goriškimi opekarnami in Zavodom za gradbeništvo je bila z dodatkom sedimenta izdelana opeka, za katero je bila v letu 2023 prejeta Okoljska nagrada, pridobljeno je tudi Slovensko tehnično soglasje za uporabo sedimenta/kompozita v visokovodnih nasipih, potekajo pa tudi nadaljnje raziskave in dogovori za uporabo v prometni in okoljski infrastrukturi.

3 ZAKLJUČEK

Z vsem navedenim so bili storjeni prvi koraki za ohranjanje energetskega potenciala in podaljšanje obratovalne dobe HE na reki Dravi, vendar še zdaleč ne zadnji. Čeprav so upoštevani robni pogoji zakonodaje in zahteve koncesijske pogodbe, brez dialoga, usklajevanja in dosego kompromisov z deležniki ukrepi ne bodo izvedljivi. Tukaj bo ključna podpora ministrstva pristojnega za upravljanje voda, ki mora sistemsko urediti rabo na hidroenergetskih akumulacijah, saj se primarna raba vse bolj podreja drugim rabam in širi področje vzdrževanja.

Za dosego ravnovesja med dotokom in pritokom sedimenta bo treba okrepiti mednarodni dialog. Zaradi velike vodnatosti in precejšnjega padca je na 720 km dolgi Dravi niz 21 hidroelektrarn, od tega 10 v Avstriji, 8 v Sloveniji in 3 na Hrvaškem. Na področju upravljanja s sedimenti je že vzpostavljen dialog z Avstrijo, v prihodnje ga bo treba vzpostaviti še s Hrvaško.

Z numeričnimi modeli bo treba podrobneje analizirati hitrosti vode ob različnih pretokih, nastale valove za preostale akumulacije, premeščanje sedimentov po posameznih ciklih spiranja in preveriti umestitev strukturnih ukrepov, kot so jezbe za usmerjanje toka v preostalih akumulacijah.

Ob hitrem tehnološkem napredku, spremembah zakonodaje in razpoložljivosti novih podatkov moramo biti vseskozi pripravljeni prilagajati naše pristope in metode pri upravljanju s sedimenti. Zato je ključno, da ostanemo fleksibilni, odprti za nove rešitve in zavezani načelom trajnostnega razvoja, da bomo lahko sedanje izzive ohranjanja energetskega potenciala spremenili v priložnosti ter morda zmanjšali stroške.

4 REFERENCE

- [1] PERERAD., WILLIAMS S. IN SMAKHTIN V.: Present and Future Losses of Storage in Large Reservoirs Due to Sedimentation: A Country-Wise Global Assessment, Sustainability, Izv. 15, št. 219, 2023.
- [2] ANANNDALÉ, G. W.: Policy Considerations for Sustainable Hydropower - Reliability, Climate Change and Sedimentation. Presentation at HYDRO 2015, Bordeaux, 2015.
- [3] KONDOLF, G. M. s sod. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents, Earth's Future, 2, 256–280, 2014.
- [4] SUMI, T.; KANTOUSH, S. A., Innovative strategies for managing reservoir sedimentation in Japan. In: Hydrolink 2018/4. Madrid: International Association for Hydro-Environment, Engineering and Research (IAHR). 100-104, 2018.

PT4 – EKONOMSKI IN DRUŽBENI VIDIKI OSKRBE Z ENERGIJO

Moderatorja: Jonas Sonnenschein in Jelena Zorič

09.00 - 11.00

Predstavitve prispevkov

- Klemen Potisek: **Vloga finančnih mehanizmov v energetske prehod**
- Franc Žerdin: **Prednosti in zadrege, ki jih v Šaleški dolini ter Sloveniji prinaša predčasno trajno prenehanje odkopavanja lignita v Premogovniku Velenje**
- Jure Šimic, Alenka Sever Keršinar: **Umeščanje energetskih objektov v prostor**
- Katarina Ana Lestan, Ana Cerk, Maša Djurica, Maja Ivanovski, Damjan Kovačič, Rudi Vončina: **Uspešnost umeščanja nove energetske infrastrukture v prostor**
- Krešimir Bakič: **Globalno električno omrežje in geopolitika**
- Mojca Drevenšek, prof. Marko Marhl, Uroš Kerin: **Krepitev energetske pismenosti in vloge mladih pri uresničevanju energetskega prehoda**

DVORANA
M3



Vloga finančnih mehanizmov v energetske prehod

mag. Klemen Potisek^{1,*}

¹ SID Banka

* Kontaktna oseba:

mag. Klemen Potisek

SID Banka

E-pošta: /

Ključne besede: /

Poslanstvo SID banke obsega razvoj in izvajanje dopolnilnih dolgoročnih finančnih storitev finančnemu trgu, s čimer spodbuja konkurenčnost gospodarstva, nova delovna mesta ter trajnostni razvoj Slovenije.

Trajnostni prehod bo za Slovenijo glede na njene zaveze predstavljal precejšen finančni zalogaj vse do sredine tega stoletja. Glede na obseg potrebnih virov in razpoložljiva sredstva bo izbor rešitev moral upoštevati prispevek ukrepa k razogljičenju, ustrezne pozitivne multiplikativne učinke za zagotavljanje vzdržnosti prehoda, z vidika potreb po dodatnem financiranju pa bo moral zadostiti zahtevam regulatornih standardov na področju trajnosti, med drugim tudi tistim, ki izhajajo iz CSRD (novela ZGD in standardi ESRS), ki vplivajo na presojo o financiranju in na ceno samih posojil.

SID banka aktivno podpira zeleni prehod in trajnostni razvoj, kjer eno od ključnih področij predstavlja energetika. Z aktivnostmi na tem področju je SID banka začela že leta 2010, ko je postala ena od pobudnic zasnove krožnega gospodarstva v Sloveniji, ki vključuje njene obstoječe ukrepe energetske učinkovitosti (podpora prenovi stavb, izdaja zelene obveznice, trajnostni finančni skladi, posojila za obnovljive vire in energetske učinkovitost, vključevanje v kohezijsko politiko prek skladov idr.).

SID banka za podporo trajnostnemu, zelenemu prehodu ponuja instrument financiranja SID ZELEN ob zavarovanju posojila preko Jamstva Evropskega investicijskega sklada (podpora s sredstvi Invest EU), ki podjetjem omogoča financiranje trajnostnih projektov, s tem pa poleg konkurenčnega razvoja tudi njihov pozitiven vpliv na okolje. Podoben instrument je SID DIGITALEN, ki je namenjen financiranju inovacij in digitalizacije ter s tem eno od orodij tudi pri morebitni potrebni spremembi poslovnega modela podjetja glede na pričakovane spremembe ravni cen energentov.

Glede na velik pomen raziskav in razvoja tudi pri trajnostnem prehodu velja omeniti instrument financiranja raziskovalnih projektov univerz in institutov - regionalna platforma za prenos tehnologij (CEETT - Central Eastern European Technology Transfer), ki je v pripravi in bo namenjena projektom v fazi preizkusa koncepta (»proof-of-concept«).

Prednosti in zadrege, ki jih Šaleški dolini ter Sloveniji prinaša predčasno in trajno prenehanje odkopavanja lignita v Premogovniku Velenje

Franc ŽERDIN^{1,*}

¹ Fakulteta za varstvo okolja Velenje, Slovenija

* Kontaktna oseba:

doc.dr.Franc Žerdin

Fakulteta za varstvo okolja

E-pošta: franc_zerdin@yahoo.com

Ključne besede: Energetski zakon, kuponi, premog, električna energija, daljinsko ogrevanje

1 UVOD

Živimo v času, ko svet pretresajo vojne, globalno segrevanje s številnimi neprijetnimi posledicami, ekonomske ter mnogotere druge krize, zaradi česar svetovna energetika stoji pred novimi izzivi. Še posebej je to pomembno za članice Evropske unije, ki so zelo odvisne od uvoza večine energentov, surovin potrebnih za energetiko ter tudi vse bolj od energetskih tehnologij.

V prelomnem obdobju je tudi Šaleška dolina. Z veliko naglico se bliža predčasno in trajno prenehanje odkopavanja premoga v Premogovniku Velenje ter posledično zaustavitev termo energetskih blokov 5 in 6 v Termoelektrarni Šoštanj, kar bo močno vplivalo na nadaljnji razvoj regije ter tudi na zanesljivo in stroškovno obvladljivo oskrbo z električno ter toplotno energijo slovenskih državljanov, gospodarstva in drugih subjektov.

2 2 ZAKAJ SE DRŽAVA NAHAJA V KAOTIČNEM POLOŽAJU NA PODROČJU OPREDELJEVANJA ENERGETSKE POLITIKE?

Že nekaj let Slovenija nima dolgoročne, tudi ne srednjeročne, v Državnem zboru razpravljalne in sprejete z Nacionalnim energetskim konceptom – programom potrjene 10 - 20 – 40-letne energetske politike države, kot je do leta 2024 to poudarjeno in zahtevano z Energetskim zakonom (EZ_1). Zadnji tak dokument je bil Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (ReNEP), sprejet v Državnem zboru 5. 4. 2004. Izhodišča za oblikovanje dolgoročne energetske politike bi, skladno z omenjenim zakonom, morala biti opredeljena v Energetskem konceptu. Energetski koncept bi bilo potrebno posodobiti ob vsaki pomembni spremembi, ki bi lahko bila razlog za spremembo energetske politike države ter predvidenih spremembah sproti seznanjati Državni zbor, ki bi spremembo vsebine Energetskega koncepta moral obravnavati in se do nje opredeliti s sprejetjem noveliranega dokumenta. 23. aprila 2024 je Državni zbor sprejel nov Energetski zakon (EZ – 2), v katerem potrebo po Energetskem konceptu ukinja.

3 KAJ SE DOGAJA V ŠALEŠKI DOLINI?

V Šaleški dolini upravičeno zahtevamo in pričakujemo, da bodo spoštovane zaveze Vlade iz dokumenta »Nacionalna strategija za izstop iz premoga in prestrukturiranje premogovnih regij v skladu z načeli pravičnega prehoda«, ki ga je sprejela Vlada RS sprejela 13. januarja 2022. Do vsebine omenjene strategije se Državni zbor ni opredeljeval. V omenjeni strategiji je Deloitte obdelal scenarije izstopa iz premoga v letih 2033, 2038 in 2042.

V sklepu je Vlada RS naložila pristojnim ministrstvom nalogo, da izvedejo aktivnosti na pripravi zakonskih podlag, da bo v roku 6 mesecev po sprejetju omenjene strategije, Vlada Državnemu zboru v obravnavo predložila Zakon o razvojnem prestrukturiranju regije in Zakon o postopnem zapiranju Premogovnika Velenje.

Pristojna ministrstva zakono še vedni niso izdelala, kaj šele z lokalno skupnostjo uskladila, vsebine osnutkov navedenih zakonov.

4. KUPONI CO₂

Termoelektrarna bo v podnebni sklad RS v letih 2020 - 2024 vplačala 682 milijonov euro, v obdobju 2013 – 2024 pa 880 milijonov euro. Komunalno podjetje Velenje je v letu 2023 za kupone v podnebni sklad vplačalo 6 milijonov euro za proizvedeno toplotno energijo, v obdobju 2018 – 2024 pa 37 mio euro, kar pomeni, da odjemalci toplotne energije plačujemo visoko »kazen za dihanje čistega zraka«.

5. NA MESTO ZAKLJUČKA

Državljeni Slovenije in vsi porabniki električne energije še ne dojemajo, da sončna energija in veter do leta 2033 ne moreta nadomestiti domačega premoga, država tudi nima sredstev, da bi to plačala. Zanesljive in cenovno vzdržne električne energije iz domačih energetskih virov po letu 2033 ne bo možno zagotavljati.

Umeščanje energetskih objektov v prostor

mag. Jure Šimic¹ ; Alenka Sever Keršinar²

¹ direktor, HSE Invest d.o.o., Maribor, Slovenija

² samostojna inženirka, HSE Invest d.o.o., Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jure Šimic

HSE Invest d.o.o.

E-pošta: jure.simic@hse-invest.si

Povzetek: Pri načrtovanju novih energetskih objektov se izkazuje, da je največji izziv njihova umestitev v prostor. Sami postopki za to pa so zelo dolgotrajni in kompleksni. Ker pa je Slovenija, Evropa kot tudi Svet v energetske tranziciji prehoda na obnovljive vire energije je nujno, da se postopki umeščanja bistveno skrajšajo, omogočajo hitrejšo prilagodljivost dejanskemu stanju in potrebam ter zagotovi odgovorno sodelovanje javnosti. V ta namen se predlagajo določeni ukrepi, ki so bili prepoznani iz izkušenj pri postopkih umeščanja in bi imeli dejanski pozitiven vpliv na postopke. To je posebej pomembno za proizvodne energetske objekte nad 10 MW, za katere je potrebo izvesti državno prostorsko načrtovanje in so kot taki v interesu same države in interesom zagotavljanja energetskih politik države.

Ključne besede: prostorsko načrtovanje, novi energetski objekti, energetski strateški cilji

1 UVOD

Stabilnost slovenskega elektroenergetskega sistema je med najboljšimi na svetu zaradi obstoječih treh ključnih proizvodnih virov: termo, jedrske in hidro proizvodnje električne energije. Za zagotovitev kvalitetnega in učinkovitega energetskega prehoda, vključno s sledenjem zahtev po nižanju ogljičnega odtisa pri proizvodnji električne energije, se izkazuje potreba po uvajanju novih proizvodnih kapacitet, ki bazirajo na rabi nizkoogljičnih in obnovljivih virov energije (v nadaljevanju: OVE). Kljub temu, da ima raba energije iz OVE načeloma veliko podporo tako pri ključnih odločevalcih kot javnosti, pa se pri načrtovanju in umeščanju novih večjih proizvodnih virov (elektrarne nad 10 MW) ne glede na vir energenta soočamo s številnimi izzivi, tako pri usklajevanjih s posameznimi nosilci urejanja prostora kot tudi sprejemljivosti posegov v prostor s strani lokalnih skupnosti, nevladnih organizacij in druge zainteresirane javnosti. V nadaljevanju bo poudarek ravno na tej problematiki, torej stanju zakonodaje, problematiki umeščanja in iskanju rešitev, da bomo v Sloveniji skladno z zastavljenimi strateškimi roki na področju zagotavljanja razogljičenja in podnebne nevtralnosti uspeli prižgati zeleno luč vsaj nekaterim pomembnejšim energetskim projektom.

2 Z AKONODAJNI VIDIK POSTOPKOV UMEŠČANJA

Področje umeščanja v prostor v Sloveniji pokriva trenutno veljavni Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3) (Ur. l. RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-1O, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP in 23/24), ki določa vrste in način izvajanja postopkov umeščanja novih objektov oz. posegov v prostor. Odločitev o postopku umeščanja je odvisna od vrste, velikosti ter drugih značilnosti načrtovane prostorske ureditve. Zakon med drugim opredeljuje, da so prostorske ureditve državnega pomena, za katere je potrebno izvesti državno prostorsko načrtovanje, tudi elektrarne z nazivno močjo najmanj 10 MW. Z ZUreP-3 je bila uzakonjena sprememba vezana na definicijo vetrne elektrarne kot prostorske ureditve državnega pomena.

V praksi se izkazuje marsikateri »izzivi« pri izvajanju državnega prostorskega načrtovanja. Upoštevajoč načelo strokovnosti je treba zagotavljati interdisciplinaren pristop, kar investitorji navadno zagotavljajo. Poudariti pa velja tudi, da je ključen poudarek zakonodaje s področja urejanja prostora tudi na usklajevanju interesov v prostoru in vključevanja javnosti, to je sočasnem upoštevanju številnih drugih predpisov z različnih področij (varstvo okolja, ohranjanje narave, varstvo kulturne dediščine idr.) ter interesi zainteresirane javnosti (posamezniki, nevladne organizacije in civilne iniciative). Pri tem velikokrat naletimo na trd in nepremagljiv oreh, kar se odraža v dolgotrajnosti postopkov umeščanja, nezmožnosti ocene realnih stroškov za pripravo dokumentacije ter velikokrat tudi opustitvi investicijskih namer investitorja.

S stališča investitorjev (to velja za vse DPN in ne samo za energetske projekte), ki si želijo čim hitrejšo umestitev v prostor oz. odgovora, ali lahko svoj projekt sploh načrtujejo naprej, so zato postopki, kot se trenutno vodijo zelo problematični. Država je s ciljem olajšanja in pohitritve postopkov umeščanja v zadnjih 20 letih že večkrat pristopila k spremembam zakonodaje, in sicer je bilo v prej opisanem duhu sprejetih oz. spremenjenih vsaj 6 zakonskih predpisov, ki so tangirali tudi umeščanje prostorskih ureditev državnega pomena:

- 2002: Zakon o urejanju prostora (ZUreP);
- 2007: Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt);
- 2010: Zakon o umeščanju prostorskih ureditev državnega pomena v prostor (ZUPUDPP);
- 2017: Zakon o urejanju prostora (ZUreP-2);
- 2021: Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3);
- 2023: Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE);
- 2024: priprava novelacije ZUreP-3.

Ne glede na spremembe pa se postopki niso nič bolj pohitrili, nič bolj niso prijazni za investitorje, težav je vedno več, prav tako pa spremembe zahtevajo nove prilagoditve tudi številnih podzakonskih predpisov, ki jih glede na hitrost spreminjanja krovne zakonodaje sploh ni mogoče kvalitetno izvajati, prav tako prilagoditve na strani odločevalcev (beri: ministrstev in njihov služb), tj. njihovem delovanju in vključevanju v postopek, kar prav tako terja čas in energijo. Zato se postavlja vprašanje ali so sami postopki umeščanja kot so opredeljeni z zakonodajo res tako slabi, da jih je treba tako pogosto spreminjati, ali bo treba poiskati nove rešitve tudi na drugih področjih, do kje sploh sežejo pristojnosti krovne zakonodaje s področja urejanja prostora v povezavi z drugo zakonodajo in kako doseči, da bomo prostorske ureditve, ki jih država prepoznava kot prioritete in pomembne za svoj razvoj lažje in učinkoviteje, upoštevajoč omejitve v prostoru, kvalitetno in suvereno lahko postavljali v prostoru?

3 DOLGOTRAJNOST POSTOPKOV UMEŠČANJA

Frekvenca spreminjanja krovne zakonodaje na področju urejanja prostora je izredna. Glede na predhodno predstavljeno lahko ugotovimo, da smo v povprečju na vsake 3 leta izpostavljeni spremembam zakonodaje, pri čemer postopki državnega prostorskega načrtovanja trajajo 10 in več let! Najhuje pa je, da se v tem času trajanje postopkov umeščanja ni nič skrajšalo, ampak celo podaljšalo!

Ob pregledu zakonov opazimo, da ključno jedro postopkov ostaja sorazmerno enako (imajo isto filozofijo), spreminjajo pa se proceduralni postopki, ustanavljanje in ukinjanje raznih komisij in delovnih teles, prenašajo se odgovornosti med ministrstvi,... Te spremembe pa zelo vplivajo na organiziranost, časovni potek dogajanja, dodatno bremenijo uradnike in birokratizirajo postopke. V praksi se dostikrat zgodi, da več kot eno leto po uveljavitvi novega zakona (ali njegovi spremembi) za določene primere ni jasno nadaljevanje poteka postopkov.

Na dolgotrajnost postopkov umeščanja vpliva tudi odzivnost pristojnih nosilcev urejanja prostora. Zakon sicer predpisuje roke za njihov odziv, izdajo smernic in mnenj na določena predana gradiva, vendar jih nosilci urejanja prostora pogosto jemljejo kot priporočene in ne kot obvezujoče. Za izdajo smernic ali mnenj izven določenih časovnih rokov ni predvidenih nobenih posledic. Kar pa v obratni smeri, ko so roki določeni investitorju za zagotovitev dodatnih strokovnih gradiv, ne velja.

Na dolgotrajnost postopkov umeščanja vplivajo tudi večkratna, ponavljajoča, pogosto neuspešna, usklajevanja med investitorjem in nosilci urejanja prostora, ter neskladja med nosilci urejanja prostora, ki so velikokrat tudi med posamezni resorji znotraj istega ministrstva. Vzroki za to izhajajo iz neusklajene zakonodaje, drugečnega razumevanja postopkov in/ali osebna prepričanja udeležencev v postopku. Ravno osebna prepričanja na strani

odločevalcev, ki so zaposleni, da delajo v interesu javnosti, stroke in države, so najbolj problematična. Nadzora nad uhajanjem informacij navzven ni. Odgovornosti za »neopravljeno« delo ne prevzema nihče.

Na dolgotrajnost postopkov umeščanja vpliva tudi vključevanje javnosti. Načelo vključevanja javnosti je pomembno in tudi odgovornost investitorja in vseh deležnikov v procesu. Pa vendar se ključno vprašanje postavlja, do kje sega meja delovanja zainteresirane javnosti. V kateri točki se njihove aktivnosti zaključijo oz. postanejo brezpredmetne. Opozarjanje zainteresirane javnosti na nevarnosti, investitorje navadno vodi do preverjanja in načrtovanja boljših rešitev, kar je pozitivno. Vendar ali lahko najdemo tudi način, da se za aktivno vključevanje tudi javnosti določijo obveznosti in omejitve, da vseh posledic ne nosi le investitor (ki investira v za državo prepoznane potrebne infrastrukturne objekte). Odgovornost bi morali nositi vsi aktivno vključeni procese umeščanje in okoljski presojo, ne le investitorji.

4 PREDLOGI IZBOLJŠAV

Prepoznavanje problematike državnega prostorskega načrtovanja v praksi je in mora biti osnova za iskanje možnih izboljšav predvsem v smeri izboljšanja učinkovitosti postopkov, s ciljem doseči in realizirati vsaj nekaj zastavljenih ciljev, ki smo si jih kot država in družba zadali za skupno prihodnost na področju energetike. S številnimi spremembami samo ene vrste zakonodaje je že danes jasno, da tega ne bomo dosegli. Potrebne so povezane sistemske rešitve na različnih področjih. V nadaljevanju je podanih nekaj predlogov sprememb, ki bi lahko pripomogle k izvedljivosti zadanih strateških ciljev:

1. **Dodelitev skrbnika projekta na Vladi:** Ker gre za projekte državnega (nacionalnega) pomena, bi bilo smiselno preučiti možnost, da se na strani države določi osebo, ki skrbi za napredovanje posameznega projekta. Poleg dobrega poznavanja projekta bi njegova vloga bila predvsem v učinkovitem koordiniranju postopkov in aktivnem usklajevanju med nasprotujočimi se interesi in zahtevami, s ciljem doseči napredek na projektu oz. dogovor.
2. **Časovna omejitev in strokovno argumentiranje nosilcev urejanja prostora:** Za vse terminsko določene faze v katere se vključeni nosilci urejanja prostora je treba določiti tudi obveznosti oz. posledice, če ne pride do odziva ali izvedbe aktivnosti v roku. Lahko se npr. jasno opredeli, da če se nosilec urejanja prostora v roku ni odzval, se šteje, da usmeritev ali mnenj na projekt nima oz. se s predlaganimi rešitvami strinja, pri čemer v nobeni od nadaljnjih faz ne mora nastopati z zahtevami ali pogoji, ki jih ni podal v za to namenjenem postopku, kjer je zamudil rok. Nosilci urejanja prostora so dolžni strokovno in jasno, razumljivo argumentirati svoje odločitve in mnenja, ne pa odgovornosti razumevanja zahtev prelagati na investitorja.
3. **Možnost izvajanja neformalne komunikacije z NUP:** Neformalna komunikacija (izven uradnih postopkov) investitorja s prepoznanimi ključnimi nosilci urejanja prostora glede na prepoznano problematiko lahko bistveno skrajša usklajevanja, saj investitor tekom priprave dokumentacije lahko zagotavlja tako potrebna gradiva kot rešitve ustrezno prilagaja in oblikuje. Neformalna usklajevanja bi morala biti tudi v interesu nosilcev urejanja prostora, saj so na ta način lahko bistveno bolj in podrobneje seznanjeni s samim projektom, njihove strokovne zahteve in dileme se bistveno hitreje in neposredno razčistijo. Ne gre za lobistični temveč edini ustrezeni interdisciplinarni pristop k razvoju projekta.
4. **Omejevanje navzkrižja interesov deležnikov na projektu:** Potrebna je jasna razmejitev odgovornosti deležnikov na posameznem projektu, uhajanje informacij s ciljem onemogočanja projekta ne sme biti tolerirano. Treba je doseči, da se vsi deležniki na projektu zavedajo pomena svoje funkcije, tako na strani investitorja kot na strani odločevalcev. Nepravilno posredovanje podatkov oz. njihova interpretacija dolgoročno škoduje projektom, pri čemer so ti projekti v nacionalnem interesu.
5. **Vključevanje nevladnih organizacij, civilnih iniciativ ter druge strokovne ter laične zainteresirane javnosti:** Zakon o prostorskem načrtovanju že sam po sebi vključuje javnost preko javnih seznaniitev, s čimer tudi zagotavlja zahteve Arrhuške konvencije o zagotavljanju dostopa do informacij, udeležbo javnosti pri odločanju ter dostopa do pravnega varstva v okoljskih zadevah. Čas javne seznaniitve je čas, ko so rešitve projekta usklajene na strokovnem nivoju. Če se zainteresirani javnosti omogoča dostope in informacije do projekta kadarkoli, so informacije pogosto izvzete iz konteksta, seznanjajo se le z delnimi gradivi, ki strokovno še niso usklajena in rešitve še nedokončne. Na ta način informacije o projektu neustrezno pridejo v javnost, kar meče slabo luč tako na načrtovalca, projektanta, investitorja kot tudi resorna ministrstva ter povzroča nejasnosti, strahove in številne dileme. Pravno varstvo mora biti zagotovljeno na vseh nivojih, tako za investitorja kot zainteresirano javnost.

Nevladne organizacije ali civilne iniciative sedaj ne nosijo nobenih odgovornosti in obveznosti. Potrebno bi bilo opredeliti določiti obvezo, da kot strokovnjaki za določena področja, na katera se sklicujejo in podajajo svoja mnenja, nastopijo s svojimi konkretnimi, sprojektiranimi, izboljšanimi in bolj sprejemljivimi predlogi rešitev. Gre namreč za objekte nacionalnega pomena, za katere se je država zavezala, da jih potrebuje in jih je potrebno tudi umestiti. Če nasprotniki ne morejo v določenih rokih predložiti konkretizirane predloge drugih izvedljivih rešitev, se njihove zahteve zavrže.

5 ZAKLJUČKI

Umeščanje prostorskih ureditev državnega pomena je zelo interdisciplinarna aktivnost, kjer pogosto trčijo različni interesi (politični, investitorski, okoljski, osebni,...). S tem se soočajo vsi projekti (ne le energetske). Izzivi umeščanja se s časom, spremembami zakonodaje le še kopičijo. Premalokrat se vsi deležniki na projektu zavedamo, da se državnim prostorskim načrtovanjem umeščajo v prostor objekti nacionalnega pomena, za katere je država Slovenija prepoznala, da so nujno potrebni za njen razvoj in doseganje lastnih strateških ciljev. Treba je spremeniti miselnost, začeti delovati povezljivo z zavedanjem, da gre za nam skupne projekte in projekte prihodnosti. Le aktivno in tvorno sodelovanje interdisciplinarne skupine strokovnjakov tako na strani izvajalcev kot odločevalcev bo privedlo k oblikovanju najoptimalnejših rešitev v skupno dobro.

6 REFERENCE/VIRI

- [1] Zakon o urejanju prostora (ZUreP);
- [2] Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt);
- [3] Zakon o umeščanju prostorskih ureditev državnega pomena v prostor (ZUPUDPP);
- [4] Zakon o urejanju prostora (ZUreP-2);
- [5] Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3);
- [6] Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE);
- [7] priprava novelacije ZUreP-3
- [8] Aarhuška konvencija.

Uspešnost umeščanja nove energetske infrastrukture v prostor

Katarina Ana Lestan^{1,*}, Ana Cerkl¹, Maša Djurica¹, Maja Ivanovski¹,
Damjan Kovačič¹, Rudi Vončina¹

¹ Oddelek za okolje, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenia

* Kontaktna oseba:

Katarina Ana Lestan

Oddelek za okolje, Elektroinštitut Milan Vidmar

E-pošta: katarina.leston@eimv.si

Povzetek: Prispevek obravnava umeščanje novih objektov za pridobivanje elektrike iz obnovljivih virov energije v prostor, pri čemer je okolje kompleksen sklop naravnih in družbenih sestavin, ki je zaradi določenega posega v prostor bolj ali manj ranljivo. Interakcija okoljske občutljivosti zaradi posega na eni strani in tehnološke rešitve na drugi strani predstavlja metodološko izhodišče za ustreznost umestitve posega v prostor. Pravni okvir poseganja v prostor predstavljajo varstveni režimi, upoštevanje katerih zagotavlja, da so vplivi posega na okolje obravnavani ter, da je izkazana skladnost gradnje z načeli ZVO. Pri zagotavljanju varstvenih načel se poleg okoljskih opredeljujemo tudi do družbenih vrednot, ki poleg predpisov in mnenj strokovne javnosti zajemajo vrednote širše družbene javnosti. Upoštevanje družbenih vrednot se lahko izkaže za bistveno pri izvedljivosti projekta. Okoljsko in socialno ustreznost načrtovanih prostorskih posegov nadgrajuje izpolnjevanje pogojev za Zeleno financiranje, ki se ugotavlja skozi načelo DNSH. Z odprtim dialogom, informiranjem in podrobnimi razlagami o posegu se večja razumevanje in obseg znanja med vsemi deležniki, iz česar se lahko razvije zaupen odnos in posledično ustrezna rešitev.

Ključne besede: varstvo okolja, načrtovanje, javnost, dialog

1 UVOD

Celostni pristop za integracijo obnovljivih virov energije (OVE) v elektroenergetski sektor Slovenije izhaja iz izvedenega projekta RES Slovenija [1], pri čemer je poseben poudarek namenjen dialogu z deležniki v postopku, ki smo jih za lažje razumevanje razdelili na tri nivoje javnosti.

Pri vprašanju, zakaj je upoštevanje deležnikov bistvenega pomena za izvedbo velikih projektov iz OVE, je eno izmed izodišč dejstvo, da iz razvojnega vidika **prostor predstavlja omejen vir**, v katerem se srečuje **mnogo različnih ambicij in interesnih skupin**, med katerimi veliko teh interesov ni zapisanih. Kako pridobiti informacije o različnih interesih in nezapisanih vrednotah, ki obstajajo o določenem prostoru, je tudi eno bistvenih vprašanj v primeru družbene sprejemljivosti posega.

Paradigma navidezno nasprotujočega si ravnanja, ki povezuje tako varstvo narave, prostora in virov na eni strani kot razvoja na drugi strani, je varstvo okolja. **Cilj projekta**, ki smo ga uporabili za ilustracijo dialoga med deležniki, je na podlagi varstvenih izhodišč in z orodji za varstvo okolja združiti nasprotujoča si mnenja na nacionalni ravni, da bi našli območja v prostoru, kjer bi bile velike investicije iz OVE izvedljive.

2 POMEN DIALOGA

Iskanje možnosti implementacije velikih projektov v prostor iz OVE (energija iz vetra, sonca, hidro energija) je bilo izvedeno na ravni celotne države in z upoštevanjem različnih aspektov, kot so okoljski, tehnični, socialni. Vsak od teh vidikov je vezan na določen nivo deležnikov. Slednji so bili razdeljeni na skupine, ki reprezentirajo različne interese in vrednote: interes razvoja (investitorji), varstvene interese (nosilci urejanja prostora oz. NUP-i) in okoljske vrednote (nevladne organizacije in lokalna javnost).

Problem izhaja iz različnih interesov v istem prostoru, saj brez ustreznega dialoga lahko ti pomenijo nerešljive konflikte pri iskanju skupne rešitve. V kontekstu raziskave to pomeni, da ni primernih območij, kjer bi bilo možno spodbujati uvajanje obnovljivih virov energije v prostor.

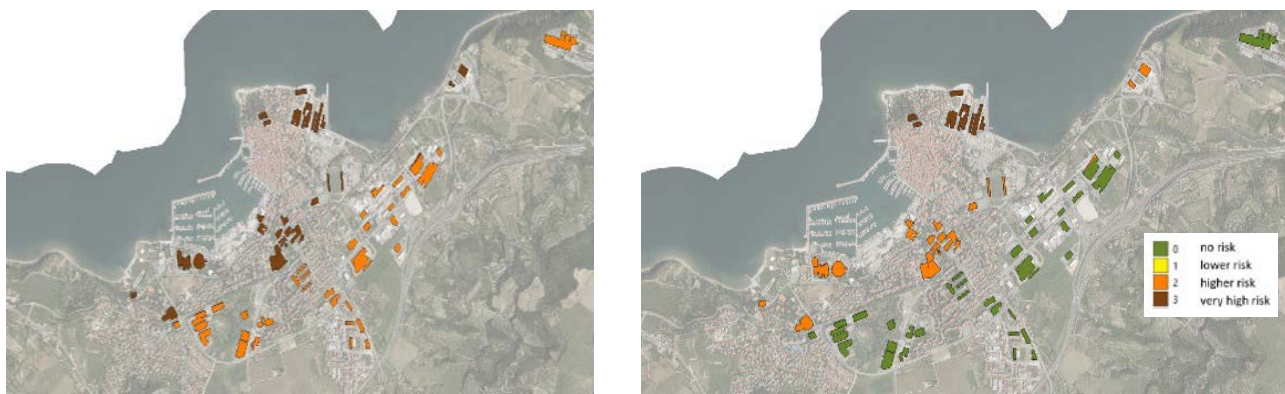
Uporabljena metoda je vključevala večkriterijsko oceno analize občutljivosti okolja zaradi predvidenega posega (glede na tehnologijo), analizo celotnega proizvodnega potenciala OVE za izkoriščanje obnovljivih virov energije (po posamezni vrsti tehnologije) ter iskanje primernih območij za proizvodnjo električne energije iz OVE z metodo prekrivanja prvih dveh analiz. Dialog je potekal na vseh treh ravneh javnosti in v vseh metodoloških korakih.

Projekt RES Slovenija je **primer pozitivnega dialoga**, kjer so deležniki ključnega pomena pri uspešnosti postopkov in kasneje tudi projektov. Po iteracijah na več delavnicah in izmenjavi znanja glede varovanih vrednot v prostoru in tehnologije so se določena območja v državi sprostila za posamezno vrsto tehnologije izkoriščanja OVE.

3 PRIMER REZULTATOV

Primer proizvodnega potenciala sončnih elektrarn na strehah z varstvenega vidika kulturne dediščine ilustrira, kako se z izmenjavo znanja z deležniki (javnostjo na vseh treh ravneh) o varstvenih režimih, tehnologiji in fizičnih posegih OVE končni rezultat lahko spremeni od izraza previdnostnega načela do več možnosti implementacije sončnih elektrarn na strehah (Slika 1).

Ne glede na izvedeno analizo na strateški ravni se državni prostorski načrti (DPN) v teku odvijajo neodvisno od predstavljenega projekta in tudi časovno ne sovpadajo s pridobljenimi rezultati. Območja pobud DPN predstavljajo interese investitorjev, ki prostor za razliko od strateške ravni obravnavajo na projektni ravni in upoštevajo druge kriterije, tj. poleg proizvodnega potenciala še lastništvo zemljiških parcel, dostopnost, ipd. Ob prekrivanju prostorskih načrtov z rezultati projekta RES Slovenija smo ugotovili, da so v skoraj vseh primerih locirani na t.i. »no-go areas« (območja zelo visokega tveganja pomembnega vpliva na varstvene kategorije), kar pa ne prejudicira izida teh postopkov. Lokalna javnost se aktivira na projektni ravni, torej ob dejanskih lokacijah predvidenih projektov. Na primerih DPN-jev v teku po navadi izraža nasprotujoče stališče in se ne strinja z posegom v njihovem lokalnem okolju.



Slika 1: a) Levo: izraz previdnostnega načela mnenje dajalcev za implementacijo proizvodnega potenciala sončnih elektrarn na strehah z varstvenega vidika kulturne dediščine, b) Desno: rezultat možnosti implementacije proizvodnega potenciala sončnih elektrarn na strehah z varstvenega vidika kulturne dediščine po iteracijah in izmenjavi znanja [Vir EIMV].

4 POUDARKI IN UGOTOVITVE

Na podlagi izodišča, da je prostor samo eden, deležnikov s svojimi interesi pa je mnogo, obstaja razlika v konotaciji med **interesi in vrednotami**. Oboje se nanaša na isto vsebino varstva okolja oz. vsebino, ki jo posamezni deležnik

brani in zagovarja, vendar interesi spodbujajo argumentacijo, preko vrednot pa se direktno upošteva posameznike ali skupine.

Dialog omogoča vpogled v vrednote, zaradi česar je bistvenega pomena, zakaj je nujen. Ker so vrednote del odnosa do prostora, so implicitne, ponotranjene, in jih samo preko podatkov ne moremo prikazati, upoštevati in razumeti. Podatki in varstveni režimi sicer predstavljajo del vrednot na 1. nivoju javnosti (NUP-i), pri čemer imajo nosilci urejanja prostora vrednote že oblikovane. Vrednote drugih deležnikov (naročnikov, investitorjev, NGO-jev ipd.) pa so del njihovega znanja, pogledov in mnenj, pri čemer se te vrednote razvijajo skozi proces. Glasniki aktivnega prebivalstva so predvsem NGO-ji, to je organizirana javnost, ki zbira in posreduje informacije in ima bistveno vlogo pri ozaveščanju širše javnosti, njihova vloga pri odločanju o okoljskih problemih pa se vse bolj povečuje [2]. Poleg NGO-jev je lokalna javnost nujen deležnik v postopku zaradi dejstva, da okolje posega najboljše pozna. Lokalno prebivalstvo svoje vrednote po navadi izraža z nasprotovanjem in svoja sporočila ter odziv oblikuje na podlagi stališč in vrednot, ki se najpogosteje pojavljajo kot sindrom NIMBY (Not in my backyard). Nestrinjanje s posegom ali nasprotovanje novim posegom v lokalno okolje je legitimna oblika uveljavljanja aktivnega sodelovanja lokalne javnosti [3, 4]. Z uporabo metodologije, ki temelji na človeških vrednotah, se ustvarja temelj za sodelovanje, ki vodi do trajnostnih rešitev.

Nujne obstoječe in načrtovane naložbe v elektroenergetska omrežja predstavljajo ključni element za izvajanje evropskega zelenega dogovora v Sloveniji z izvajanjem dolgoročne podnebne strategije 2050 ter nacionalnega energetskega in podnebne načrta (NEPN), ki je trenutno v postopku sprejemanja. Naložbe v elektroenergetska omrežja so v veliki meri pogojene s hitro razvijajočim se okvirom podnebne in energetske politike na ravni EU in Slovenije. Investicije zahtevajo vključevanje kriterijev DNSH¹ in podnebne odpornosti ter skladnost z okoljskimi, družbenimi in upravljaljskimi standardi za njihovo izvedbo [5]. Globalni razvoj spreminja družbene vrednote, spodbuja raziskave in razvoj novih tehnologij, pri čemer se varstvu okolja pripisuje ena izmed največjih prioritet in zahteva interdisciplinarni pristop. Okoljske izzive opredeljujemo z naravoslovnim znanjem in rešujemo s tehničnimi ukrepi, pogojeni pa so z ekonomskimi in pravnimi izhodišči. Motiv v ozadju projektov naj bi bilo družbeno dobro za vse. Zeleni prehod smo začeli prepoznavati kot pomembno skupno dobro in zato ne sme predstavljati finančnega interesa temveč izražati ekonomski interes za celo skupnost.

5 REFERENCE

- [1] Projekt RES Slovenija. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Portal energetika, <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/projekt-res-slovenia/> (dostopano 11.9.2024)
- [2] Aarhuška konvencija v Sloveniji, 2002: Strokovna priporočila za implementacijo konvencije o dostopu informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah. Zbornik, REC za Srednjo in Vzhodno Evropo, Ljubljana.
- [3] Pek Drapal, D., Kos, D., 1999. Komunikacijski vidiki posegov v okolje - Pomen analize socialnega okolja, Teorija in praksa, letnik 36, 4/1999, str. 576-591.
- [4] Špes, M., 2008, Pomen okoljske ozaveščenosti in sodelovanja javnosti za trajnostni razvoj, Dela 29, str. 49-62.
- [5] Uredba (EU) 2020/852 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 18. junija 2020 o vzpostavitvi okvira za spodbujanje trajnostnih naložb ter spremembi Uredbe (EU) 2019/2088 (UL L št. 198/2020 z dne 22. junija 2020)

¹ Načelo DNSH (Do No Significant Harm ali „ne povzroči znatne škode“) je pomembno pri presoji vplivov na okolje, trajnostnem poročanju in zagotavljanju trajnostnih naložb. Zahteva, da se dejavnosti izvajajo na način, ki ne škoduje okolju ali družbi, ter spodbuja trajnostni razvoj v skladu z dolgoročnimi cilji Evropske unije.

Globalno električno omrežje in geopolitika

Krešimir Bakič*

Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Ljubljana, Slovenija,

* Kontaktna oseba:

Krešimir Bakič,

E-pošta: kresimir.bakic@k-esi.eu

Ključne besede: Električna omrežja, povezani elektro energetski sistemi, globalna električna omrežja, energetska tranzicija, geopolitika, mednarodni sporazumi o trgovanju z električno energijo

1 UVOD

Namen referata je predstaviti geopolitične razmere skozi zgodovino nastajanja sedanjih regijskih elektroenergetskih sistemov (t. i. makro interkonekcije) in najnovejše geopolitične izzive pri razširitvi teh regijskih sistemov v **globalni električni sistem** (GES). Ta bi lahko prispeval h globalizaciji trga električne energije in nižji globalni povprečni ceni električne energije. Danes je na svetu okrog 20 makro interkonekcij (sl.1), ki združujejo več držav (političnih subjektov) in obratujejo večinoma sinhrono ter omogočajo številne razvojne in obratovalne prednosti vsaki članici, tudi cenejšo električno energijo. Prednosti povezovanja električnih sistemov so ugotovili že pred stotimi leti in je tako bil predložen 1. 1930 (na 2. sv. energetske konferenci v Berlinu) koncept pan-evropskega 400 kV električnega omrežja. Žal je poteklo več kot 20 let, da se je v Evropi začela ta ideja uresničevati. Razlog je bil nastanek nacizma v Nemčiji. Politika je povzročila veliki razvojni zaostanek. Leta 1951 je bila končno ustanovljena zahodno-evropska makro interkonekcija UCPT, ki se potem hitro razvija in širi. Od leta 1974 poskusno oz. od leta 1981 pa za stalno. Tudi naš elektroenergetski sistem (EES) je bil priključen na to makro zahodnoevropsko interkonekcijo. Pot pa ni bila gladka ampak je bilo treba prebroditi številne geopolitične ovire v takratni državi. Na drugi strani je vzhodno-evropski blok, l. 1960, ustanovil svojo makro interkonekcijo (CDO-IPS), ki je povezovala države nekdanjega Varšavskega bloka pod vodstvom Sovjetske zveze. Ti dve makro interkonekciji nista bili povezljivi sinhrono. Po razpadu Varšavskega bloka so se nekatere njene evropske članice želele čim prej vključiti v zahodno-evropski UCPT. Leta 2000 se UCPT preimenuje v UCTE (zaradi sprostitev trga z elektriko se je izločila proizvodnja-P). S širjenjem EU se l. 2009 ustanovi ENTSO-E kot ena največjih svetovnih makro interkonekcij. Kako geopolitika vpliva na razvoj električnih povezav je razvidno iz primera začetka vojne v Ukrajini. Naslednji dan po odkloplitvi Ukrajine od ruske makro interkonekcije IPS je Rusija napadla Ukrajino. Glavni razlog je bila izguba trga elektrike in vpliva na industrijo virov (reaktorji, oprema). Večina vojn v zadnjih desetletjih je bila prav zaradi ekonomskih interesov in energetske virov (npr. Kuvajt, Irak, Libija...).

Povezani EES so vplivali na znižanje cen in dosegljivost elektrike za večino ljudi. To je prispevalo hitrejšemu tehnološkemu razvoju sveta. Zato je Ameriška inženirska akademija leta 2000 razglasila elektrifikacijo in povezane električne sisteme za največji tehnološki dosežek človeštva v 20. stoletju. [R.1].

2 GLOBALNI ELEKTROENERGETSKI SISTEM (GES)

Tranzicija energetike oz. potrebe po nadaljnji elektrifikaciji sveta zahteva nove ideje. V zadnjih študijah [R.2, R.3] pariške CIGRE smo poskušali ugotoviti kakšen bi bil vpliv nadaljnjih povezav makro interkonekcij v globalni električni sistem (GES). Kakše bi bile cenovne razmere pri povečanju deleža OVE iz sedanjih **27 %** (HE 22%, VE

4%, SE 1%) na **57%** (HE 17%, VE 26%, SE 14%) v l. 2050?. Pri tem bi bil delež jedrskih elektrarn povečan iz sedanjih 13% na 18% (v energiji to pomeni podvojitev). Pri takem modelu bi bila poprečna svetovna stroškovna cena MWh le **50,6 Evra** v primerjavi s sedanjo svetovno poprečno ceno **72,6 Evra/MWh**. Zmanjšanje deleža fosilnih goriv v proizvodnji električne energije iz sedanjih 60% na 25% (v l.2050) bi zmanjšalo emisije CO_{2eq} za 21-krat (iz 13 427Mt na 650Mt). S povečanjem zmogljivosti električnih povezav (700 GW) med obstoječimi makro-interkonekcijami bi se dodatno znižala stroškovna cena električne energije na **45 Evro/MWh**. Te cene so stroškovne in ne tržne ampak kažejo na močan vpliv OVE in interkonekcij v prihodnosti. Globalna poraba električne energije naj bi zrastle iz sedanjih 25.000 TWh na 40.000 TWh v letu 2050, skladno z napovedanim scenarijem WEC (*World Energy Council*).

3 GEOPOLITIČNI IZZIVI IN TRANZICIJA ENERGETIKE SVETA

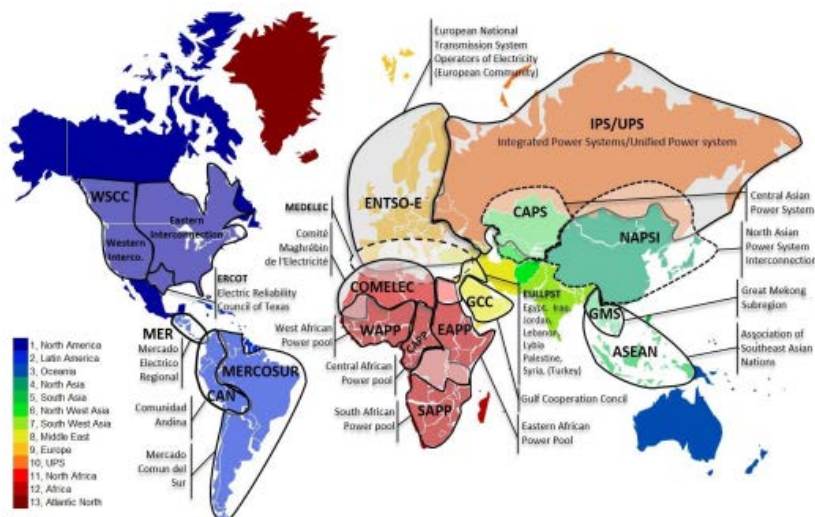
Pri realizaciji takšne projekcije razvoja tranzicije sveta z globalnim električnim sistemom (GES) se pojavljajo številni **geopolitični izzivi**. Kakšna je varnost naložb v medcelinske električne povezave?, kakšna je politična zanesljivost povezav?, varnost naložb v nove OVE mega-vire v puščavah in varnost zaposlenih v teh klimatsko tveganih področjih?, kakšni modeli trgovanja so možni? kakšno mednarodno zakonodajo predlagati? kakšna je odpornost dobavnih verig na potencialne dejavnike v globalni/regionalni geopolitični krajini? kako predvidevati razvoj regulatornih meril za ogljik po svetu (EU, ZDA, Azija)? kako integrirati in ovrednotiti geopolitična tveganja v interne akte tveganj in načine poročanj o tem? V preteklosti in razvoju dosedanje stopnje interkonekcij je bilo veliko pozitivnih in negativnih izkušenj. Pozitivne so bile prevladujoče. Pomembno je, da gre za čim bolj obojestranske koristi partnerjev v poslih (*win-win approach*).

4 ZAKLJUČKI

Geopolitična tveganja pri gradnji globalnega električnega sistema so bila vedno prisotna in kljub temu se EES stalno dograjuje, širi in spreminja v prid odjemalcev električne energije vseh političnih barv. Pri GES je pomembno določiti sistem trgovanja z viri, poenotiti obratovalne modele, urediti nadnacionalne modele nadzora in omogočiti koristi za vsako partnersko stran. S tem omrežjem bi omogočili izkoriščanje naravnih danosti Zemlje (dan-noč, oddaljene vire OVE) in dejanski trajnostni razvoj sveta. Verjetno bi kazalo organizirati svetovno elektroenergetsko trgovsko organizacijo.

5 REFERENCE

- [1] Neil A. Armstrong speech about 20 greatest achievements, The Engineered Century, US National Press Club, 22 February 2000. https://rigorandrelevance.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/12/na_speech.pdf
- [2] Global interconnected and sustainable electricity system, CIGRE WG C1.44, Paris, 2024.
- [3] Global electrical network, CIGRE WG C1.35, Tehnična brošura TB 775, Paris, 2019.



Slika 1: Globalne makro interkonekcije v l.2020 [CIGRE WG C1.35, TB 775, 2019]

Krepitev energetske pismenosti in vloge mladih pri uresničevanju energetskega prehoda

mag. Mojca Drevenšek^{1*}, prof. dr. Marko Marhl², dr. Uroš Kerin³

¹ ENLITE društvo za spodbujanje energetske pismenosti, Mozirje, Slovenija

² Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Medicinska fakulteta, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija

³ ELES d.o.o., Svet za raziskovalno in znanstveno dejavnost, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Mojca Drevenšek

ENLITE društvo za spodbujanje energetske pismenosti

E-pošta: mojca.drevensek@consensus.si

Povzetek: Prispevek poudarja pomen krepitve energetske pismenosti za povečevanje zanimanja mladih za energetske in z njimi povezane tematike. Izpostavi potrebo po interdisciplinarnem pristopu, ki združuje naravoslovno-tehniške in družboslovne vidike energetike, spodbujanju systemskega razmišljanja ter povezovanju formalnega in neformalnega izobraževanja in ozaveščanja mladih. S primeri konkretnih aktivnosti univerze, systemskega operaterja elektroenergetskega omrežja in nevladne energetske organizacije nakaže možnosti povezovanja in sodelovanja med raznolikimi nosilci formalnega in neformalnega izobraževanja in ozaveščanja, kar lahko pomembno prispeva k informiranemu in aktivnemu vključevanju mladih v uresničevanje energetskega prehoda.

Ključne besede: energetska pismenost, interdisciplinarnost, formalno in neformalno izobraževanje, systemsko razmišljanje, znanje in veščine za energetski prehod

1 UVOD

Energetsko pismeni državljani znajo slediti energetskim tokovom in o energiji razmišljati systemsko ter se zavedajo, koliko energije porabimo in iz katerih virov jo pridobimo. Zmožni so ovrednotiti verodostojnost informacij, podanih v javnih in medijskih razpravah ter razumno, na dejstvih temelječe komunicirati o virih in rabi energije ter z njima povezanih temah (Marhl et al., 2014; Marhl, 2020).

Za celovit pristop k razumevanju energije in energetike potrebujemo interdisciplinaren pristop, ki povezuje naravoslovno-tehniška in inženirska znanja z družboslovnimi in humanističnimi znanji s področij, kot so npr. državljanska vzgoja, zgodovina, ekonomija, sociologija, psihologija, komunikologija in politologija.

2 VLOGA MLADIH V ENERGETSKEM PREHODU

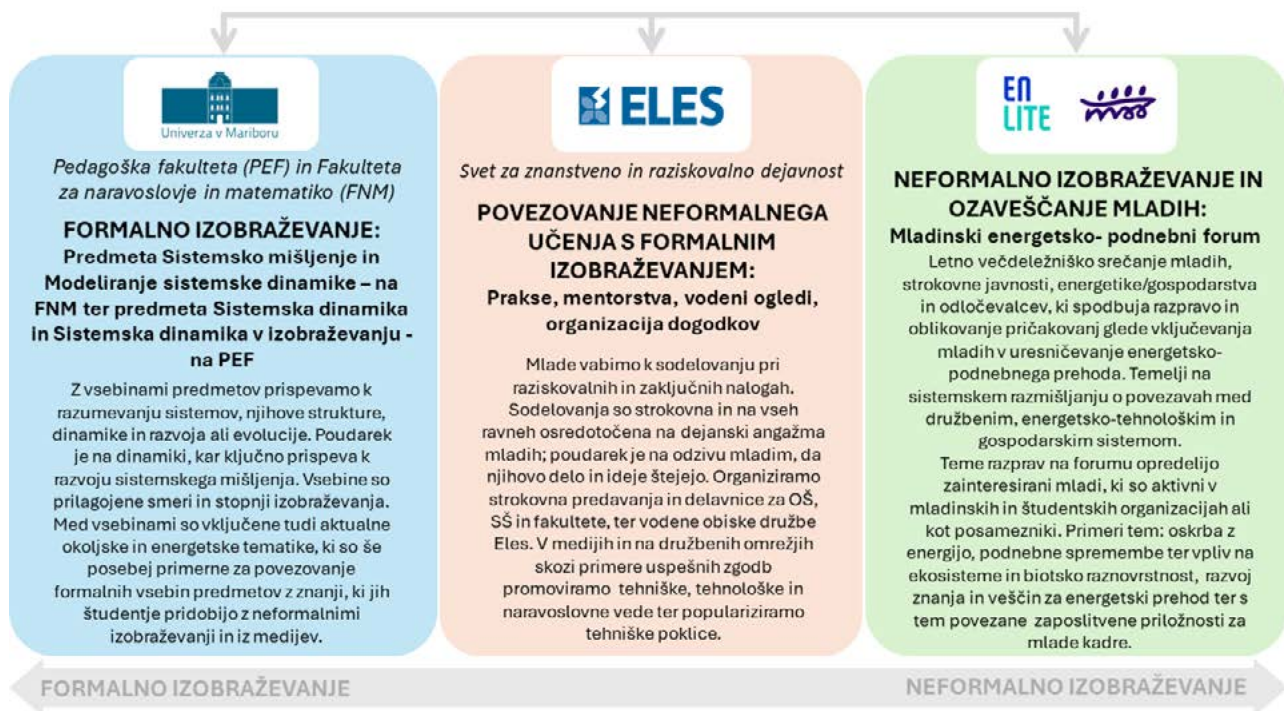
Energetski prehod prinaša sistemske spremembe, ki terjajo povezovanje prizadevanj raznolikih deležnikov. Med njimi imajo posebej pomembno vlogo predstavniki mlade generacije (Drevenšek, 2023). Pri njihovem vključevanju v uresničevanje energetskega prehoda sta pomembna tako formalno kot neformalno izobraževanje, ki jih spodbujata h krepitvi zanimanja za energetske teme (Vincent-Lancrin et al., 2019; Kerin, 2021) ter k sprejemanju na znanju in dejstvih temelječih odločitev, npr. v povezavi s študijem ali zaposlovanjem, bivanjskim slogom, mobilnostjo, rabo tehnologij itd. (Rousell in Cutter-Mackenzie-Knowles, 2020). Kot ugotavljajo Kalossaka in soavtorji (2022), posredno pa to poudarja tudi študija Youth Impact Framework, ki so jo pripravili v globalnem študentskem združenju Student Energy (Student Energy, 2023), so mladi nosilci velikega sodelovalnega potenciala pri uresničevanju energetskega prehoda. Vendar pa mladi za svojo učinkovito aktivacijo potrebujejo povezana, interdisciplinarna znanja, veščine in kompetence (EYEN, 2022). Pri tem je posebej pomembno sistemsko razmišljanje.

3 POMEN SPODBUJANJA SISTEMSKEGA RAZMIŠLJANJA

Rooney-Varga in soavtorji (2019) poudarjajo, da je treba mladim zagotoviti medsebojno prepletene formalne in neformalne izobraževalne in ozaveščevalne priložnosti, ki omogočajo širok, celovit pogled na energetske sistem in druge sisteme, njihove podsisteme ter na razumevanje kompleksnih medsebojnih povezav. Sistemsko razmišljanje je lahko temelj tega širokega, celovitega pogleda, ki na področju izobraževanja prinaša številne koristi. Kot v zvezi z izobraževalnimi vidiki sistema razmišljanja izpostavljata Arnold in Wade (2015), je sistemsko razmišljanje ključnega pomena pri obvladovanju kompleksnosti sodobnega sveta, vendar je žal še vedno preslabo vpeto v formalni izobraževalni sistem. Zato so dobrodošle pobude in aktivnosti, ki presegajo ločnico med formalnimi in neformalnimi izobraževalnimi pristopi ter prispevajo h krepitvi energetske pismenosti mladih na podlagi načel sistema razmišljanja. Izzivi sodobne družbe namreč zahtevajo kompleksne rešitve, ki prehajajo meje akademskih disciplin ter soočajo različne poglede in iz njih izhajajoče omejitve (Hoffmann et al., 2022).

4 PRIMERI FORMALNIH IN NEFORMALNIH IZOBRAŽEVALNIH PRAKS V SLOVENIJI

Slika prikazuje tri primere izobraževalno-ozaveščevalnih aktivnosti za krepitev energetske pismenosti in sistema razmišljanja mladih v Sloveniji, načrtujejo in izvajajo pa jih različni deležniki: (1) izobraževalna ustanova (Univerza v Mariboru), (2) nosilec gospodarske javne službe - sistemski operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja (družba ELES) ter (3) nevladna organizacija, ki deluje v javnem interesu na področju energije (društvo ENLITE). Med navedenimi tremi primeri aktivnosti obstaja potencial sodelovanja, ki lahko ustvari sinergijske učinke, še posebej v sistematično načrtovani povezavi tudi z drugimi sorodnimi programi in projekti krepitev energetske pismenosti v slovenskem prostoru, kot so Program Ekošole (2024), Svet energije (2024) in Elektrofest (2024).



Slika 1: Primeri programov in projektov krepitev energetske pismenosti in sistemskega razmišljanja mladih v Sloveniji.

5 ZAKLJUČKI

Za učinkovito vključevanje mladih v oblikovanje energetske prihodnosti Slovenije potrebujemo medsebojno povezano formalno in neformalno izobraževanje in ozaveščanje, ki temelji na interdisciplinarnosti in sistemskem razmišljanju ter na konkretnih priložnostih sodelovanja mladih z raznolikimi deležniki energetskega ekosistema. Tako mladim odpremo pot do aktivnega sooblikovanja aktivnosti in ukrepov energetskega prehoda ter hkrati promoviramo zanje zanimive vidike poklicnih priložnosti v energetiki.

6 REFERENCE

- [1] ARNOLD, R., WADE, J.: A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science*. 44. 669-678, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>
- [2] DREVENŠEK, M.: Strengthening energy and climate literacy with microlearning and Open Educational Resources. Magistrsko delo, Univerza v Novi Gorici, 2023. <https://repository.ung.si/Dokument.php?id=26663&lang=eng>
- [3] ELEKTROFEST. 2024. <https://fe.uni-lj.si/novice/elektrofest/>
- [4] EYEN: The role of youth in the future of the European energy transition. 2022. <https://youthenergy.eu/position-papers/>
- [5] HOFFMANN, T., MENON, S., MOREL, W., NKOSI, T., PAPE, N.: Ten Steps towards Systems Thinking: An Education for Sustainable Development Manual for teachers, educators, and facilitators. Centre for Environment Education, 2022. https://esd-expert.net/files/ESD-Expert/pdf/Was_wir_tun/Lehr-und-Lernmaterialien/Ten-steps-towards-system-thinking_Book.pdf
- [6] KALOSSAKA, L., NIEMINEN, S., CHERUBINI, E.; Empowering youth for a sustainable energy transition. 2022. https://sustainable-energy-week.ec.europa.eu/news/empowering-youth-sustainable-energy-transition-2022-08-16_en#SnippetTab
- [7] KERIN, U.: Elektroenergetska podjetja so postala ekosistem povsem različnih znanj. Intervju v prilogi Okolje in energija, časnik Finance, 2021. <https://www.finance.si/okolje-energija/%28intervju%29-u-kerin-eles-energetsko-podjetja-so-postala-ekosistem-povsem-razlicnih-znanj/a/8972710>
- [8] MARHL, M., ŽAGAR, T., DREVENŠEK, M.: Energetska pismenost: Osrednja načela in temeljne usmeritve za izobraževanje o energiji. Univerza v Mariboru, RAZ:UM in Društvo ENLITE, 2014.
- [9] MARHL, M.: O razumevanju energije. iEnergija videointervju, Društvo ENLITE 2020. https://www.youtube.com/watch?v=zJn_KZU9Ngo&t=229s
- [10] PROGRAM EKOŠOLA: Ekokviz za srednje šole: Energetsko-podnebna pismenost, 2024. <https://ekosola.si/ekokviz-za-srednje-sole-24-25/>
- [11] ROONEY-VARGA, J. N., KAPMEIER, F., STERMAN, J. D., JONES, A. P., PUTKO, M., RATH, K.: The Climate Action Simulation. *Simulation & Gaming*, 2019, 51(2), 114–140. <https://doi.org/10.1177/1046878119890643>
- [12] ROUSELL, D., CUTTER-MACKENZIE-KNOWLES, A.: A systematic review of climate change education: giving children and young people a ‘voice’ and a ‘hand’ in redressing climate change. *Children’s Geographies*, 2020, 18, 191 - 208. <https://doi.org/10.1080/14733285.2019.1614532>
- [13] STUDENT ENERGY: Youth Impact Framework, 2023. <https://studentenergy.org/research/youthimpactframework/>
- [14] SVET ENERGIJE, 2024. <https://www.svet-energije.si/>
- [15] VINCENT-LANCRIN, S., GONZÁLEZ-SANCHO, C., BOUCKAERT, M., DELUCA, F., FERNÁNDEZ-BARRERRA, M., JACOTIN, G., URGEL, J., VIDAL, Q.: Fostering students’ creativity and critical thinking. *Educational Research and Innovation*. 2019. <https://doi.org/10.1787/62212c37-en>

PT3 – RABA ENERGIJE IN UPRAVLJANJE Z ENERGIJO

Moderatorja: Gregor Jeglič, Uroš Kerin

11.30 - 13.30

Predstavitve prispevkov

- Jure Čižman, Damir Staničič, Katarina Trstenjak in Gašper Stegnar: **Načrtovanje trajnostnega energetskega razvoja lokalnih skupnosti v Sloveniji**
- Amer Karabegović: **Sektorsko sodelovanje različnih virov energije skupaj z energetske učinkovitostjo rabe energije omogočata zeleni energetski prehod in zmanjšanje energetske revščine v R Sloveniji**
- Sašo Kos, Nejc Štokelj, Samo Ceferin: **Integracija obnovljivih proizvodnih virov električne energije in hramba (električne) energije**
- Matej Zajc, Tim Marentič, Andreja Smole in Hugo Morais: **EV4EU – Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope: priložnosti in izzivi tehnologij V2X pri vzpostavitvi trga prožnosti**
- Igor Podbelšek, Janez Humar, Andreja Ivartnik Kanduč, Maja Kernjak Jager: **Primer povezovanja sektorjev preko elektrifikacije voznega parka v velikem podjetju**
- Viktor Lovrenčič, Ana Lovrenčič: **Vidik slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost**

DVORANA
M3



Načrtovanje trajnostnega energetskega razvoja lokalnih skupnosti v Sloveniji

Jure Čižman^{1,*}, Damir Staničič¹, Katarina Trstenjak¹ in Gašper Stegnar¹

¹ Center za energetska učinkovitost, Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Jure Čižman

Institut »Jožef Stefan«, Center za energetska učinkovitost

E-pošta: jure.cizman@ijs.si

Ključne besede: trajnostni energetski razvoj, lokalni energetski koncept, večkriterijska prostorska analiza

1 U REDITEV LOKALNEGA ENERGETSKEGA NAČRTOVANJA V SLOVENIJI

Slovenija ima čedalje ambicioznejše cilje na področju energetike, podnebja in okolja. Ključni usmeritvi sta energetska učinkovitost in razogljičenje vseh sektorjev. Za uspešen zeleni prehod, ki sloni na učinkoviti rabi energije (URE) in obnovljivih virih energije (OVE), je nujno okrepiti trajnostno lokalno energetska načrtovanje. Kakovostni lokalni energetski koncepti (LEK), ki upoštevajo značilnosti, potenciale in omejitve lokalnega okolja ter se aktivno izvajajo, so bistveni za uresničitev Nacionalnega energetskega in podnebne načrta (NEPN) in Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050. Metodologijo za pripravo LEK ureja Pravilnik [1], podrobnejša navodila in priporočila so podana v Priročniku [2]. Pravilnik določa obvezne vsebine LEK, ki vključujejo celovito analizo porabe energije in energentov v lokalni skupnosti, oskrbe z energijo, emisij ter šibkih točk, oceno predvidene rabe energije, smernice za prihodnjo energetska oskrbo, analizo stanja in možnosti za URE, potenciale OVE in določitev ciljev. LEK mora vključevati tudi analizo potrebnih ukrepov, akcijski načrt za doseg ciljev in kazalnike za spremljanje izvajanja.

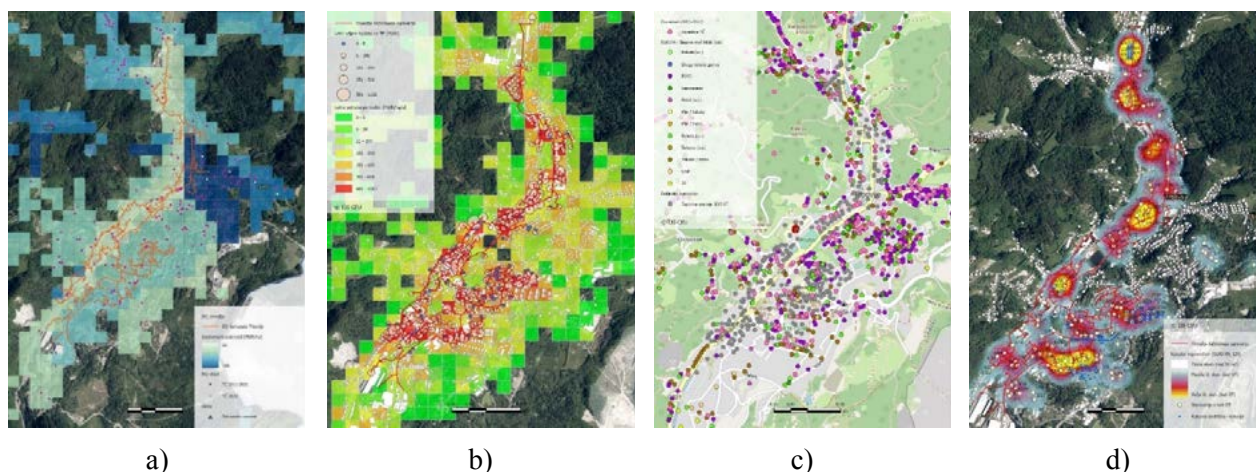
2 ANALIZA STANJA IN ŠIBKOSTI LEK

Kakovost LEK je odvisna od več dejavnikov, med katerimi so ključni razpoložljivost podatkov in strokovnih podlag, ustrezna metodološka obravnava, upoštevanje lokalnih prostorskih, okoljskih in socialnih značilnosti, ocena potencialov OVE ter vključevanje javnosti in razvojnih načrtov deležnikov v proces priprave LEK. To potrjuje tudi analiza, izvedena v okviru projekta LIFE Care4Climate (C4C), katere cilj je bil preveriti kakovost LEK, njihovo skladnost s Pravilnikom in spremljanje izvajanja v okviru obveznega letnega poročanja. V analizo so bili vključeni LEK-i, potrjeni po letu 2018, pri čemer so bile zajete lokalne skupnosti različnih velikosti in različni izdelovalci. Rezultati analize [3] kažejo, da je metodologija za pripravo LEK sicer vsebinsko razmeroma celovita, vendar se pri udeležanju pojavljajo večje pomanjkljivosti, ki bistveno slabijo kakovost LEK. Medtem ko analize rabe in oskrbe z energijo še nudijo solidno izhodišče za načrtovanje, pa je povezovanje z energetske, podnebnimi, okoljskimi, socialnimi in drugimi cilji pomanjkljivo. Namesto holističnega pristopa pogosto prevladajo izolirane vsebine in podatki, kar krni celovitost in sistematičnost prikaza stanja ter trajnostnih razvojnih priložnosti. Pri vrednotenju sedanje in načrtovanje prihodnje energetske rabe in oskrbe se prostorski vidiki skoraj ne upoštevajo, baze podatkov in kart, kot so kataster nepremičnin, karte gospodarske javne infrastrukture (GJI), OVE in virov odvečne toplote, toplotna karta in druge, ki vključujejo za načrtovanje ključne prostorske attribute, pa se uporabljajo zelo omejeno. Najpogostejše je to posledica težav z dostopom do (prostorskih) podatkov, nedorečenih metodologij in pomanjkanja znanj za njihovo obravnavo ter nezadostnih strokovnih podlag, denimo za oceno potencialov OVE.

Veliki izzivi so pri določanju ciljev, vzpostavitvi kazalnikov uspešnosti in pripravi načrtov oziroma scenarijev energetskega razvoja, predvsem glede samooskrbe, učinkovite rabe energije ter zmanjševanja energetske revščine in onesnaževanja zraka. Pogosta težava je tudi neustrezna identifikacija in šibka aktivacija ključnih deležnikov, zlasti tistih, ki pomembno vplivajo na lokalno energetske rabo in oskrbo ali prostorsko načrtovanje. Spremljanje izvajanja LEK in njihovih učinkov, zlasti s strani zakonodajalca, pa je izrazito neučinkovito.

3 NADGRADNJA OBSTOJEČIH PRAKS IZDELAVE LEK IN PODPORNEGA OKOLJA

Kot možen odgovor na omenjene izzive je bil v okviru C4C oblikovan predlog za nadgradnjo metodologije priprave LEK [4]. Ta poudarja pomen večkriterijskih prostorskih analiz stanja, omejitvenih dejavnikov, ukrepov URE in potencialov OVE, podprtih z GIS orodji. Celovit pristop med drugim vključuje analize prednosti, slabosti, priložnosti in tveganj pri rabi in oskrbi z energijo v lokalnih skupnostih, ob sodelovanju ključnih deležnikov, ter oblikovanje strategije in akcijskega načrta za razvoj lokalne energetike, s poudarkom na URE in OVE. Izbrani predlogi nadgradnje so bili preverjeni pri pripravi t.i. demonstracijskih LEK za tri občine - Ajdovščino, Trbovlje in Mestno občino Maribor. Večkriterijske prostorske analize stanja (primer - **Slika 1**) so v proces vključile bistven, a do sedaj izrazito podcenjen prostorski vidik, ki omogoča celovito načrtovanje trajnostne preobrazbe energetske rabe in oskrbe v lokalni skupnosti.



Slika 1: Primeri podlag za večkriterijsko prostorsko analizo energetske rabe in oskrbe – a) geotermalni potencial/geosonde; b) toplotna karta in GJI; c) MKN (male kurilne naprave); d) kulturna dediščina in potencial prenove stavb [Vir: Demonstracijski LEK občine Trbovlje].

Poleg posodobitve in nadgradnje metodologije LEK je za uspešen razvoj lokalnega energetskega načrtovanja ključno izboljšati dostop do geolociranih podatkov ter zagotoviti strokovne podlage za načrtovanje ukrepov URE in OVE v vseh lokalnih skupnostih. Napredek je namreč močno odvisen od kakovosti prostorskih analiz in usposobljenosti za uporabo GIS orodij, kar zahteva specifična strokovna znanja pripravljavcev LEK. Nujno je vzpostaviti programe usposabljanja, ki bodo vsem deležnikom zagotovili potrebne kompetence in okrepili zmogljivosti za kakovostno energetske načrtovanje in učinkovito izvajanje trajnostnih ukrepov in rešitev.

4 REFERENCE

- [1] Pravilnik o metodologiji in obvezni vsebini lokalnega energetskega koncepta. Uradni list RS, 56/2016.
- [2] Priročnik za izdelavo lokalnega energetskega koncepta. 2016. Medmrežje: <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/lokalni-energetski-koncept/metodologija-lek>.
- [3] ČIŽMAN J., STANIČIĆ D., STEGNAR G., MERŠE S.: Izzivi priprave in izvajanja lokalnih energetskega konceptov. Založba ZRC, Zbirka Regionalni razvoj 9, Ljubljana, 2023.
- [4] ČIŽMAN, J., STANIČIĆ, D.: Nadgradnja metodologije LEK in izboljšanje izvajanja. Poročilo za projekt LIFE CARE4CLIMATE - aktivnost C4.3: Nadgradnja lokalnih energetskega konceptov. Medmrežje: https://www.care4climate.si/_files/2155/Nadgradnja_metodologije_LEK_v1_5.pdf, 2023.

Sektorsko sodelovanje različnih virov energije skupaj z energetske učinkovitostjo rabe energije omogočata zeleni energetski prehod in zmanjšanje energetske revščine v R Sloveniji

Amer Karabegović^{1*}

¹ Danfoss, Danfoss Trata d.o.o. Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Amer Karabegović

Institucija/podjetje: Danfoss Trata d.o.o. Ljubljana

E-pošta: amer.karabegovic@danfoss.com

Ključne besede: zakonodaja, sektorsko sodelovanje, zeleni energetski prehod, energetska revščina, celovita rešitev

1 UVOD

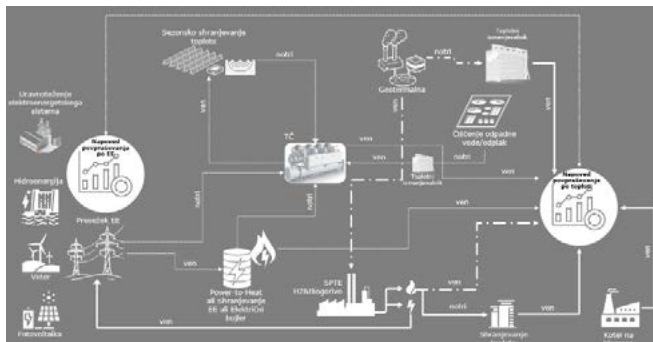
Energetski sistemi so v obdobju pomembne tranzicije, pri čemer so prevladujoči dejavniki naraščajoči deleži variabilne obnovljive energije (VOE) in manj prilagodljivih proizvodnih enot, ki temeljijo na fosilih. EU, hkrati pa tudi Republika Slovenija, sta na misli preoblikovati svoje energetske sisteme in zmanjšati emisije ogljika – temu je zavezana lastna podnebna zakonodaja. Ta preobrazba je potrebna zdaj bolj kot kdaj koli prej. Sektorsko povezovanje je trajnostna povezava med različnimi elementi širokih energetskih trgov, in sicer električno energijo, ogrevanjem in hlajenjem ter plinom. To povezovanje bi moralo voditi k učinkoviti rabi primarne energije in bi moralo biti sredstvo za razogljičenje evropskega in slovenskega energetskega in prometnega sektorja ter industrije.

2 DIVERZIFIKACIJA VIROV IN POVEZOVANJE SEKTORJEV

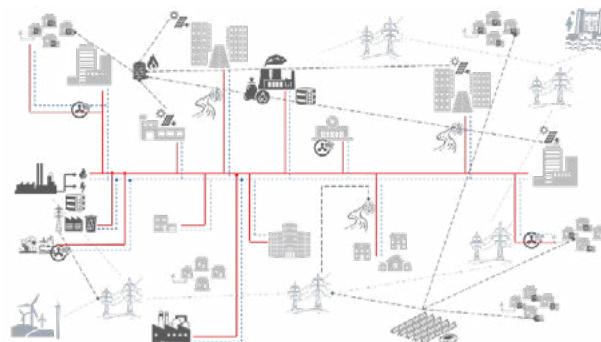
V zadnjih letih se je povečala decentralizirana proizvodnja energije. S tem razvojem je energetski sektor postal še bolj zapleten, hkrati pa je mešanici energetskih virov zagotovil več obnovljivih virov. Družba, industrije in oblikovalci politik zdaj iščejo načine, kako bi na najboljši način izkoristili obstoječo in prihodnjo infrastrukturo. Povezovanje podsektorjev na energetskih trgih je postalo rešitev, vendar kako priti do tega?

Povečana poraba električne energije ob nizkih cenah električne energije z vidika ogrevanja predstavlja priložnost za znižanje stroškov in zmanjšan ogljični odtis. Toploto je relativno enostavno shraniti, povečana uporaba zmogljivosti za shranjevanje toplote v kombinaciji z električnimi kotli pa lahko zmanjša potrebo po zmogljivosti konične obremenitve na podlagi fosilnih goriv. Poleg tega se lahko z integracijo trga z električno energijo/toploto presežek dobave VOE shrani kot toplota in kasneje zagotavlja toploto v obdobjih z nizko oskrbo VOE in visokim

povpraševanjem po toploti. Skupaj lahko taka prilagodljiva uporaba goriv zmanjša skupne stroške energetskega sistema z zmanjšanimi stroški uravnoveženja, zmanjšano nestanovitnostjo cen in zmanjšanimi emisijami ter lahko zagotovi stroškovno učinkovitejšo integracijo OVE.



Slika 1: Vloga toplotnih črpalk pri integraciji sektorja¹.



Slika 2: Primer celovite rešitve².

Elektrika iz zelenih in brezogljčnih virov preprosto ni dovolj za zamenjavo vseh kotlov s toplotnimi črpalkami, poleg tega bo potencialna težava tudi zmogljivost električnih omrežij.

Zato potrebujemo celovito rešitev, ki povezuje sektorje mobilnosti, električne energije in toplote, rešitev, ki razvija ekonomske, socialne in sociološke motivatorje za doseganje visoke stopnje razogljičenja in zmanjševanja energetske revščine, rešitev, ki temelji na različnih vidikih krožnega gospodarstva, predvsem glede izrabe lokalnih virov energije ter blagovnih kompenzacij za storitve s strani odjemalcev.

3 ZAKLJUČKI

Diverzifikacija virov, izkoriščanje odvečne toplote ter učinkovita proizvodnja in distribucija po sistemu daljinskega ogrevanja omogočajo nižjo ceno za končne uporabnike.

Zakonodaja je ključnega pomena, kako spodbuditi tranzicijo in olajšati naložbe. Pobudnikov je lahko več, ampak država bi morala prevzeti koordinacijo. Slovenija ima velik potencial, da v krajšem časovnem obdobju sprejme ukrepe na področju energetske učinkovitosti in tako reši izziv ter ustvari vse predpogoje za zmanjšanje trenutne energetske revščine.

Glede na velikost naseljenih območij v Sloveniji, naložba v sisteme daljinskega ogrevanja ne bi bila velika in bi omogočala centralizirano rabo različnih obnovljivih virov toplote, toplotnih črpalk in odvečne toplote.

4 REFERENCE

- [1]KARABEGOVIĆ A.: Izzivi proizvodnje toplote za sisteme daljinskega ogrevanja: znotraj in izven predpisov, Mednarodna konferenca SZE, Portorož 2023.
- [2]KARABEGOVIĆ A.: Mikroomrežja – Pot do strategije, Danfoss, 2023.

Integracija obnovljivih proizvodnih virov električne energije in hramba (električne) energije

Sašo Kos¹, Nejc Štokelj¹ in mag. Samo Ceferin¹

¹ Kolektor Sisteh d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Sašo Kos

Kolektor Sisteh d.o.o.

E-pošta: saso.kos@kolektor.com

Ključne besede: vodikovo postrojenje, systemske storitve, baterijski hranilnik, centralno nadzorni sistem

1 UVOD

Integracija različnih obnovljivih proizvodnih virov električne energije v elektroenergetski sistem bo v kombinaciji z učinkovito hrambo energije ključna pri t. i. zelenem prehodu. Obnovljivi viri električne energije zaradi svoje narave nepredvidljivosti oz. nezanesljivosti v elektroenergetski sistem vnašajo izzive za stabilnost omrežja kot tudi uravnavanje ponudbe in povpraševanja po energiji ter posledično njeno ceno.

Opisan je konkreten primer projektne rešitve, ki se povezuje v enoten centralni nadzorni sistem, ki upravlja z objekti na področju kritične infrastrukture, kjer je glavni cilj proizvodnja zelenega vodika za potrebe mobilnosti vozil. Celotni sistem omogoča dodatne funkcionalnosti, da se dosežejo željeni ekonomski učinki investicije. Med drugim mora sistem zagotavljati neodvisnost otočnega napajanja internega omrežja območja projekta v dogovorjenem časovnem intervalu ter storitve, vezane na proizvodne vire, nuditi na trgu.

2 GLAVNI GRADNIKI PROJEKTA

Da zadostimo zahtevam in posebnostim objektov investitorja in dosežemo željene ekonomske učinke samega projekta, so glavni gradniki:

- Sončna elektrarna na strehah objektov 1,7 MW.
- Vodikovo postrojenje:
 - o elektrolizer (0,5 MW),
 - o vodikohram – shranjevanje vodika v nizko in visokotlačnih zalogovnikih,
 - o gorivne celice 3 x 100 kVA.
- Baterijski hranilnik električne energije (moči 1,1 MW, kapacitete 2,2 MWh).
- Nadzor nad porabniki, priključenimi na interno električno omrežje (možnost izključitve ne-nujnih porabnikov).
- Nadzor nad delovanjem kotlovniške avtomatike in toplotnimi postajami.

2.1 SE – sončna elektrarna

Sončna elektrarna proizvaja brez ogljično električno energijo, ki bo porabljena v internem električnem omrežju investitorja. Inštalirana moč SE bistveno presega potrebe po električni energiji objektov investitorja, zato se s presežno energijo proizvaja t.i. zeleni vodik v elektrolizerju oz. hrani v BHEE. Preostali del električne energije SE bodo predani v distribucijsko omrežje in namenjeni električnim polnilnicam na lokaciji za električna vozila.

2.2 BHEE – baterijski hranilnik električne energije

Primarna naloga BHEE je izravnava med proizvodnjo in porabo energije - optimizacija:

- delovanja sončnih elektrarn,
- delovanja pri proizvodnji vodika iz elektrolizerja,
- pri proizvodnji električne energije v gorivnih celicah iz shranjenega vodika.

V veliki meri se bo BHEE uporabljal za nudenje sistemskih storitev operaterju prenosnega elektroenergetskega sistema. Delovanje BHEE se lahko v vsakem trenutku prilagaja ugodnejšim finančno-tehničnim zahtevam s ciljem optimizacije projekta.

2.3 Vodikovo postrojenje

V našem primeru se bo vodik proizvodil iz presežne energije proizvedene v sončni elektrarni. Shranjen vodik v visoko in nizkotlačnem zalogovniku bo na voljo za uporabo za namen transporta vozil na vodikov pogon ter kasnejše pretvorbe v električno energijo s tremi enotami gorivnih celic. Sistem je zasnovan, da vodikovo postrojenje deluje povsem avtonomno s svojim krmilnim nadzornim sistemom. Zahteve za proizvodnjo vodika v času visoke proizvodnje iz obnovljivih virov in tudi v času nizkih (celo negativnih) cen na trgu električne energije pošilja centralni nadzorni sistem, ki ima pod nadzorom celotno območje v mejah projektne obdelave.

2.4 Nadzor in upravljanje s porabniki električne energije

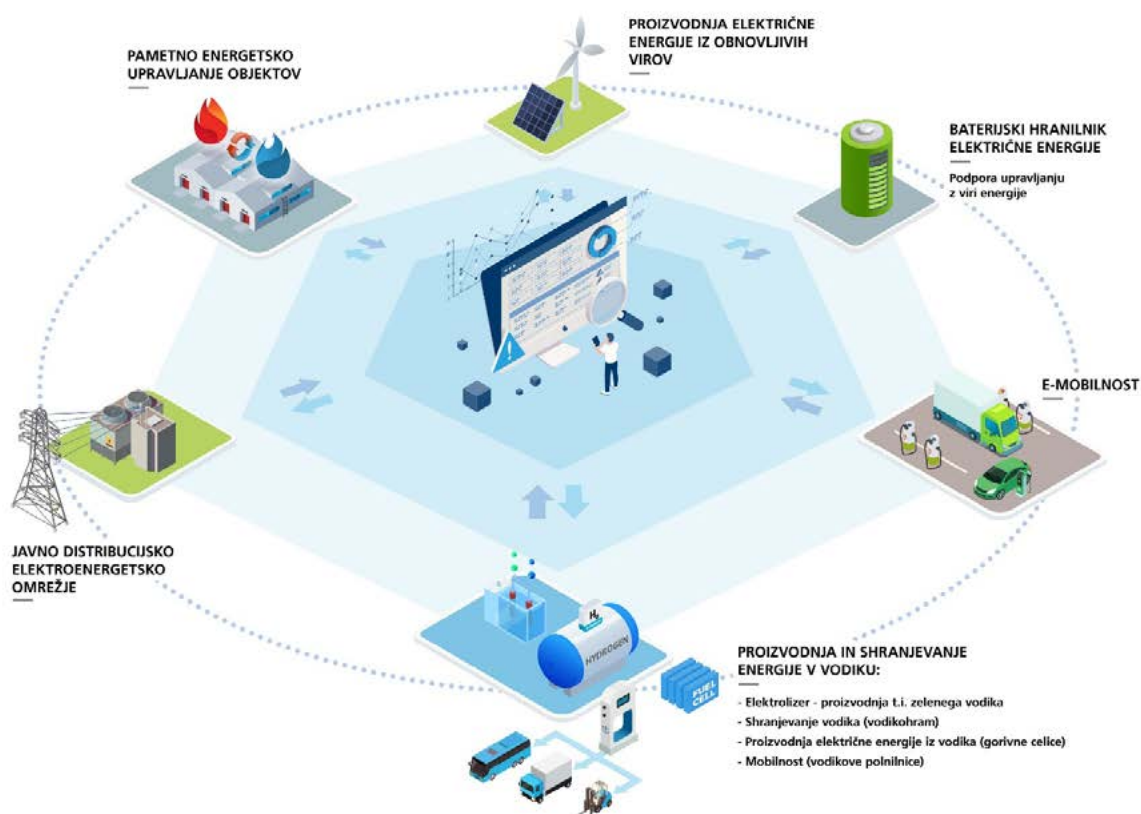
Za zanesljivo delovanje celotnega območja centralni nadzorni sistem skrbi za proizvodne vire in za vse porabnike električne energije, kot so lastna raba objektov, električne/vodikove polnilnice ter nadzor nad ogrevalnimi/hladilnimi sistemi objektov. Nadzor tudi nad končnimi porabniki je potreben za zagotavljanje enega od pogojev projekta – rezervno otočno napajanje območja. V primeru izpada napajanja iz distribucijskega omrežja lahko z izključitvijo ne-nujnih porabnikov avtonomijo celotnega sektorja podaljšamo tudi v času manjše proizvodnje iz SE.

2.5 CNS – centralni nadzorni sistem

CNS je zaradi doseganja večje zanesljivosti, fleksibilnosti in boljšega obvladovanja kompleksnih sistemov implementiran na DCS platformi. Zahteve na CNS prihajajo iz agregatorske platforme, ki v prvi vrsti podaja zahteve proizvodnim virom in elektrolizerju za proizvodnjo vodika na podlagi razpoložljivosti SE in analiz/napovedi cen na trgu z električno energijo. Skupaj z upravljanjem tudi vseh končnih porabnikov imamo tako zanesljiv in robusten sistem. Le-ta z natančno regulacijo in prilagodljivostjo upravlja s proizvodnjo in porabo na celotnem območju, ki ga zajema naš projekt. Shema delovanja celotnega sistema je prikazana na sliki 1.

3 ZAKLJUČEK

Sinergija med obnovljivimi viri električne energije in vodikovimi tehnologijami v podpori z BHEE nam prinaša večjo ekonomičnost uporabe obnovljivih virov energije ter možnosti za boljšo uravnavo proizvodnje iz obnovljivih virov. Integriran pristop, opisan v našem prispevku, je v bodoče lahko ključen pri zagotavljanju trajnostne in odporne energetske oskrbe.



Slika 1: Centralni nadzorni sistem [Vir slike Kolektor Sisteh].

EV4EU – Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope: priložnosti in izzivi tehnologij V2X pri vzpostavitvi trga prožnosti

Matej Zajc^{1,*}, Tim Marentič¹, Andreja Smole² in Hugo Morais³

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija

² GEN-I d.o.o., Ljubljana, Slovenija

³ INESC-ID, Lizbona, Portugalska

* Kontaktna oseba:

prof. dr. Matej Zajc

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: matej.zajc@fe.uni-lj.si

Ključne besede: e-mobilnost, V2X, V2G, EV, prožnost odjema, uporabniki

1 TEHNOLOGIJE V2X PRI VZPOSTAVITVI TRGA PROŽNOSTI

Podnebni ukrepi, katerih namen je doseči cilje Evropske komisije glede ogljične nevtralnosti do 2050, spodbujajo vpeljavo električnih vozil (EV). Povečanje števila EV predstavlja mnogo izzivov za uporabnike, mesta in podjetja. En izmed izzivov je večanje obremenjenosti elektroenergetskega omrežja, ki je posledica tudi večjega števila EV. Vse večja prisotnost EV in razvoj novih tehnologij prinaša tudi prednosti, saj lahko EV svoj potencial prožnosti (95% časa so parkirana) ponujajo na trgu prožnosti in sodelujejo v storitvah kot je npr. regulacija napetosti in s tem povečajo stabilnost omrežja [1], [2], [3]. EV lahko ponujajo negativno in pozitivno prožnost z izvajanjem pametnega polnjenja ali njegove nadgradnje s tehnologijo V2G (ang. Vehicle-to-grid), ki omogoča tudi praznjenje EV baterij v omrežje. Ta je del širšega pojma tehnologij V2X (ang. Vehicle-to-Everything) [4]. Z elektrifikacijo mobilnosti moramo vzpostaviti tesnejšo povezavo med prometom in elektroenergetskim omrežjem. To prinaša nove izzive pri načrtovanju infrastrukture, zakonov, standardov itd. V okviru projekta Horizon Europe EV4EU¹ smo raziskovalno aktivni v grozdu projektov V2X cluster in EU iniciativi BRIDGE.



Slika 1: EV4EU [1].

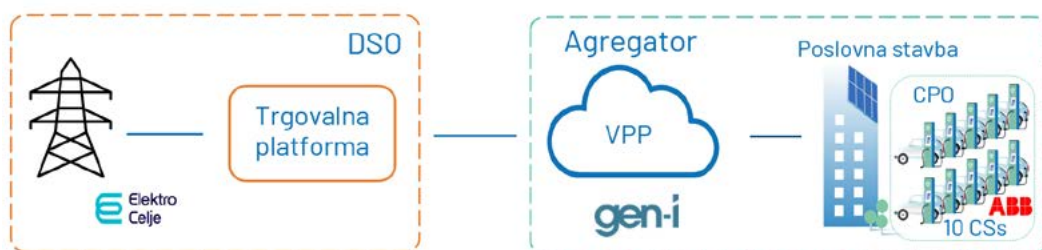
¹ This research work was funded by European Union's Horizon Europe R&I programme under grant agreement no. 101056765. Views and opinions expressed in this document are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This work also was funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under UIDB/50021/2020.

2 PROJEKT HORIZON EUROPE EV4EU

Cilj projekta EV4EU (ang. Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe), ki ga financira program Evropske unije Horizon Europe za raziskave in inovacije, koordinira pa INESC-ID, je implementirati strategije upravljanja EV od spodaj navzgor in razviti na uporabnika osredotočene rešitve V2X, ki ustvarjajo pogoje za množično uvajanje EV [1].

V okviru projekta EV4EU s partnerji razvijamo, preizkušamo in demonstriramo orodja, metodologije, storitve in tehnološke rešitve, ki vključujejo številne vidike, kot so vpliv na baterije EV, razumevanje potreb uporabnikov, okoljske dejavnike, načrtovanje ustrezne polnilne infrastrukture, razvoj inovativnih poslovnih modelov in preobrazbo urbanega okolja. Razvita orodja naslavljajo povezanost med EV in obnovljivimi viri energije, s ciljem zmanjšanja emisij toplogrednih plinov in dekarbonizacijo cestnega prometa [1].

Predlagane rešitve testiramo na štirih demonstracijskih lokacijah, in sicer: na Danskem, v Grčiji, na Portugalskem in v Sloveniji, kar nam omogoča ovrednotenje naprednih metodologij in orodij, opredelitev ustreznih pogojev implementacije in vpeljavo najbolj obetavnih rešitev in ustreznih poslovnih modelov. Na Portugalskem testirajo V2X upravljanje v hišah, stanovanjskih in poslovnih stavbah. Poleg tega testirajo upravljanje V2X polnilnic s ciljem optimizacije stroškov. Na Danskem testirajo upravljanje V2X polnilnic na parkirnem mestu, prav tako razvijajo nove programe prilagajanja odjema. Grški demonstrator razvija odprto platformo za optimalno upravljanje parkirišč in voznih parkov ter razvijajo nove programe prilagajanja odjema [1].



Slika 2: Slovenski demonstrator EV4EU - Sodelovanje EV v storitvah prožnosti

V okviru slovenskega konzorcija, ki ga sestavljajo GEN-I, Elektro Celje, ABB in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, razvijamo celovito rešitev vzpostavitve lokalnega trga prožnosti z razvojem inovativnih storitev V2X. Na slovenskem demonstratorju bomo testirali sodelovanje EV v storitvah V2X na lokalnem in nacionalnem trgu električne energije. V okviru demonstracijskega okolja razvijamo in testiramo optimalno upravljanje, z virtualno elektrarno agregiranih, polnilnic V2X [2], [3]. Trgovalna platforma razvita v okviru projekta OneNet, je razširjena za potrebe slovenskega dela projekta EV4EU in povezuje akterje vključene v trgovanje s prožnostjo. Razvoj znotraj slovenskega demonstratorja se izvaja na produkcijski ravni, bo v uporabi tudi po koncu projekta EV4EU.

3 REFERENCE

- [1] EV4EU, „EV4EU - resources,“ EV4EU, [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>.
- [2] Tim Marentič, Igor Mendek, Anton Kos, Matej Malenšek, Hugo Morais, Matej Zajc, „ Estimation of electric vehicles with V2G capabilities potential for market participation,“ v IEEE MELECON 2024, Porto, 2024.
- [3] Tim Marentič, Igor Mendek, Klara Anžur, Matej Zajc, „ Dvosmerna izmenjava električne energije V2G za razvoj storitev prožnosti z agregacijo voznega parka električnih vozil,“ Elektrotehniški vestnik, Izv. 90, št. 5, pp. 259-264, 2023.
- [4] Igor Mendek, Tim Marentič, Klara Anžur, Matej Zajc, „ A Case Study on Electric Vehicles as Nationwide Battery Storage to Meet Slovenia’s Final Energy Consumption with Solar Energy,“ Energies, Izv. 17, št. 11, p. 2733, 2024.

Vidik slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost

Viktor Lovrenčič^{1,*}, Ana Lovrenčič¹

¹C&G d.o.o Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Viktor Lovrenčič

Institucija/podjetje: C&G d.o.o Ljubljana

E-pošta: viktor.lovrencic@c-g.si

Ključne besede: elektromobilnost, električna vozila, servisiranje, električni udar in oblok, varnost pri delu

1 UVOD

Učinkovita raba energije je ključnega pomena za zagotavljanje boljših življenjskih pogojev sedanjim in bodočim generacijam. Vse večje potrebe po energiji ter naraščajoč vpliv lokalnega in globalnega onesnaževanja zahteva trajnostne in učinkovite ukrepe. Posebna pozornost je usmerjena v sektor prometa, saj je eden največjih porabnikov končne energije in eden večjih onesnaževalcev okolja. Elektromobilnost je le en od smiselnih ukrepov za izničenje negativnih učinkov zaradi naraščajočega števila vozil.

Hitro uvajanje elektromobilnosti v sektor prometa v Sloveniji je za obratovanje elektroenergetskega sistema velik izziv. Elektromobilnost in infrastruktura za polnjenje električnih vozil sta v fazi razvoja. Ojačitev predvsem distribucijskega omrežja je nujna, kar je velik finančni in časovni infrastrukturni izziv. Brez nadzora nad polnjenjem električnih vozil bo prišlo do preobremenitev. S tem izzivom se aktivno ukvarja stroka od snovalcev razvoja omrežja do proizvajalcev polnilnic kot tudi državni organi, inštituti ter drugi zainteresirani deležniki [1].

Žal je v Sloveniji drugi vidik elektromobilnosti, varnost in zdravje delavcev, še posebej zanemarjen v sektorju nastajajočih proizvajalcev električnih vozil (npr. avtobusov ali osebnih vozil) kot tudi že številnih delujočih servisov električnih vozil vseh tipov od osebnih vozil do večjih porabnikov kot so tovornjaki in avtobusi.

2 POSEBNOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL PRI VARNEM DELU

Varnost iz zdravje pri delu (VZPD) je urejeno z zakonom in številnimi podzakonskimi akti oz. pravilniki (problematika požarne varnosti presega okvir te obravnave). Omenimo le dva akta, in sicer:

- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Uradni list RS, št. 43/11
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (PVDNET), Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1

ZVZD-1 določa pravice in dolžnosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. ZVZD-1 je pomemben pravni okvir, ki ga prevzame odgovorna oseba delodajalca ob podpisu Izjave o varnosti z oceno tveganja. In ob tem se delodajalcu, proizvajalcu in serviserju

električnih vozil (EV) odpirajo številna vprašanja na področju VZPD na katera trenutno ni še odgovora, saj v slovenskem okolju ni zakonodajnega okvirja, ki bi odgovoril na le-ta.

PVDNET oblikuje osnove VZPD pred nevarnostjo električnega toka čeprav je zelo težko najti povezave s področjem EV. Trenutno je lahko uporaben le standard SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev – 1. del: Splošne zahteve, ki ga pravkar prevaja SIST/TC DPN. Namreč v toč. 1 omenja, da ta dokument ni bil izrecno izdelan za uporabo na naštetih električnih postrojih, vendar pa se lahko uporabijo načela tega dokumenta, če drugi predpisi ali postopki niso na voljo, in sicer tudi za »inštalacije v vozilih«.

V zvezi s tem se odpirajo številne razlike in definicije o zahtevah na področju VZPD (odgovorne osebe, usposabljanje delavcev za varno delo, izobrazba izvajalcev, organizacija delovišča, definicija nivoja napetosti, obseg osebne varovalne opreme).

2.1 Nivo napetosti in inštalacije v električnih vozilih

Definicije nivoja napetosti, ki jih ponujata PVDNET in EN 50110-1, in sicer:

- mala napetost (ELV/MN) navadno ne presega 50 V izmenične napetosti AC ali 120 V enosmerne napetosti DC brez valovitosti med prevodniki ali proti zemlji
- nizka napetost (LV/NN) navadno ne presega 1 000 V izmenične napetosti AC ali 1 500 V enosmerne napetosti DC
- visoka napetost (HV/VN) navadno presega 1 000 V izmenične napetosti AC ali 1 500 V enosmerne napetosti DC

Pri električnih vozilih je definirana visoka napetost (VN) že nad 30 V AC in 60 V DC. Pri tem je potrebno opozoriti na so vsi VN kablji oz. VN inštalacija EV oranžne barve (Slika 1) [2].



Slika 1: Osnovna zaščita z izolacijo – oranžna barva VN kablov [Vir slike 2].

2.2 Usposabljanje izvajalcev in osebna varovalna oprema ter orodje pri delu na električnih vozilih

Ko obravnavamo področje varnosti delavcev v proizvodnji in servisnih delavnicah najdemo številne vrzeli, saj v Sloveniji nimamo usmeritev v zvezi z organizacijo varnega dela še posebej pred nevarnostjo električnega toka, električnega udara in obloka. Odpira se problem usposobljenosti delavcev v sektorju v katerem primanjkuje električarjev (serviserji so večinoma avtomehaniki in ne avtoelektričarji) ter nujnih ukrepov varnosti le-teh.

V praksi je v zadnjem obdobju izvedeno nekaj usposabljanj usklajenih med naročnikom in izvajalcem [3], upoštevajoč tuje izkušnje [2] ter priporočil SIST EN 50110-1.

Ob usposabljanju se odpira tudi vprašanje uporabe osebne varovalne opreme (OVO), ki jo potrebujejo izvajalci, saj ni jasne definicije med delom v breznapetostnem stanju (pet varnostnih pravil) ali med delom pod napetostjo (specifične zahteve PVDNET). Pri tem je odprto vprašanje tudi varno delo in uporaba OVO na VN baterijah.

Posebej je potrebno opozoriti na uporabo varne opreme, naprav in posebnega orodja pri delu oz. vzdrževanju EV. Eno od priporočil izbire primerne OVO ter opreme in orodja je priročnik TOOO – NN KEE – ŠEE [4].

3 TUJA PRAKSA IN PRIPOROČILA VARNEGA DELA NA ELEKTRIČNIH VOZILIH

Raziskava tuje prakse in priporočil varnega dela na EV opozori raziskovalca na številne že sprejete predpise in priročnike ter standarde tako v Evropski uniji kot v svetu. Nadaljnja raziskava je potrebna in trenutno se s to problematiko ukvarja evropsko združenje društev vzdrževalcev (EFNMS) in evropsko združenje dela pod napetostjo (LWA), saj je področje varnega dela na EV relativno slabo raziskano in predstavljeno.

Večina predpisov članic EU se sklicuje na standard EN 50110-1. Posamezne članice rešujejo zahteve varnega dela in organizacije delovišča (npr. Grčija) ob podpori predpisov za področje EV. Za stroko so zanimivi številni nemški specializirani priročniki, ki jih izdajajo inštitucije kot so DGUV oz. BGI/GUV (primer [2]).

Tuja podjetja, ki uvajajo proizvodnjo in izvajajo servisiranje EV (osebna vozila, avtobusi, tovornjaki) prinašajo v slovensko prakso novosti, ki bi jih bilo potrebno ovrednotiti in oceniti s stališča zahtev ZVZD-1.

4 ZAKLJUČKI

V slovenskem prostoru je nujno sprožiti procese, ki bodo podprle različne vidike slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost. Potrebno je predvsem odpreti strokovno razpravo in operativna vprašanja na dveh področjih:

- varnosti in zdravje pri delu na električnih vozilih v proizvodnji in servisnih delavnicah,
- požarni varnosti (presega okvir te razprave).

Na področju varnosti in zdravje pri delu na električnih vozilih v proizvodnji in servisnih delavnicah je potrebno zapolniti vrzeli, in sicer vsaj pri:

- oblikovanju srednješolskega in/ali poklicnega programa »avtoelektrikar«,
- dopolnjevanju ocen tveganja v podjetjih, ki proizvajajo ali servisirajo EV,
- usposabljanju izvajalcev za varno delo na EV,
- opisu nujne uporabe primerne osebne varovalne opreme, opreme in orodja za varno delo na EV.

5 REFERENCE

- [1] LOVRENČIČ V.: Safe maintenance of electric and hybrid vehicles (EV & EHV), DVS Slovenia, EFNMS – EHSEC, Helsinki, 3.6.2022.
- [2] DGUV Information 200-006 & BGI/GUV-I 8686 E., april 2012.
- [3] LOVRENČIČ V. in LOVRENČIČ A.: Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka, Delo pod napetostjo – Level 3, Maribor, 19.6.2024.
- [4] Tehnični opis osebne varovalne opreme, opreme in orodja za delo pod napetostjo na nizki napetosti pri izvajanju meritev kakovosti električne energije in menjavi števecv električne energije, TOOO – NN KEE – ŠEE, C&G d.o.o. Ljubljana, Prva izdaja (229/ML/20), september 2020.

PT3 – RABA ENERGIJE IN UPRAVLJANJE Z ENERGIJO

Moderatorja: Gregor Jeglič, Uroš Kerin

14.30 - 16.30

Predstavitve prispevkov

- Primož Poredoš, Eva Zavrl, Tej Žižak, Suzana Domjan, Sašo Medved, Franc Marovt, Ciril Arkar: **Vlaga v zraku: priložnosti in izzivi za dvig energetske učinkovitosti ogrevanja in hlajenja s toplotnimi črpalkami**
- Franc Marovt: **Zamik električne porabe s toplotnimi črpalkami in hrambo toplote**
- Mirko Katalenič, Marko Radoš, Miha Mulič: **Kako pravilno projektirati sistem IR-ogrevanja, da zadostimo energetske učinkovitosti v stanovanjskih in industrijskih objektih**
- Sven Gruber, Klemen Rola, Danijela Urbančl, Darko Goričanec: **Sistem kompresijske dvostopenjske toplotne črpalke z vgrajenimi turbinami**
- Benjamin Černoša, Eva Lina Nava Vilorio in Andrej Ljubenko: **Elektrifikacija velikih sistemov ogrevanja in hlajenja za trajnostno prihodnost**
- Tomaž Buh, Aleš Nastran, Primož Bečan, dr. Tadej Beravs in Jan Liber: **Reduxi – sistem za upravljanje z energijo**

DVORANA
M3



Vlaga v zraku: priložnosti in izzivi za dvig energetske učinkovitosti ogrevanja in hlajenja s toplotnimi črpalkami

Primož Poredoš^{1*}, Eva Zavrl¹, Tej Žižak¹, Suzana Domjan¹, Sašo Medved¹, Franc Marovt², Ciril Arkar¹

¹ Laboratorij za okoljske tehnologije v zgradbah, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija

² Kronoterm d.o.o., Gomilsko, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Primož Poredoš

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

E-pošta: primoz.poredos@fs.uni-lj.si

Ključne besede: sorpcijske tehnologije, prenosniki toplote s sorpcijskimi sredstvi, energetska učinkovitost, ogrevanje in hlajenje, toplotne črpalke

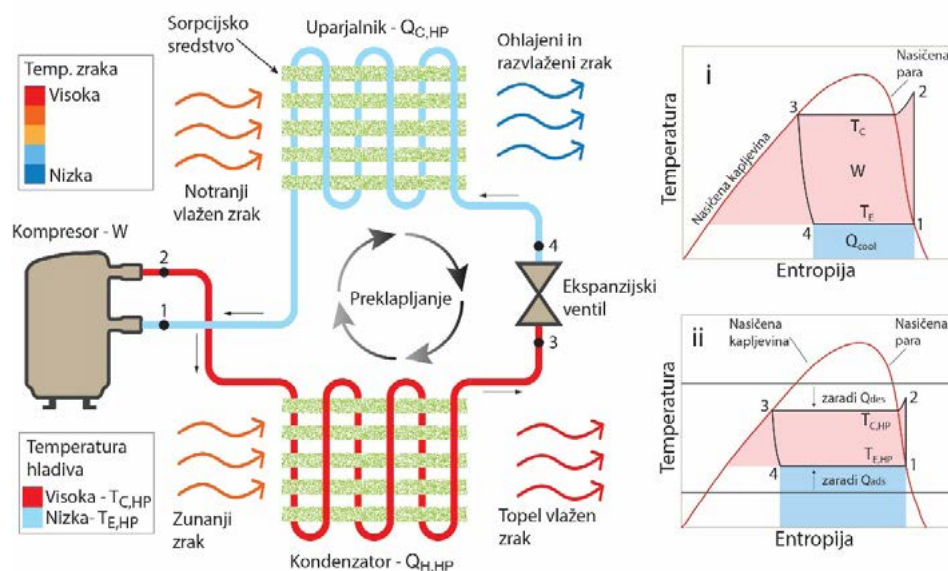
1 UVOD

Z vlago povezane emisije (latentne toplote) toplogrednih plinov (GHG) bodo prevladovali v primerjavi z emisijami, povezanimi s senzibilno obremenitvijo klimatskih naprav, kot je nedavno poudaril ameriški nacionalni laboratorij za obnovljivo energijo [1]. Higroskopski porozni materiali – sorpcijska sredstva – adsorbirajo vodo iz ozračja zaradi razlike v koncentraciji vode. Nasprotno pa povišana temperatura hidriranega sorpcijskega sredstva pospeši proces sušenja s sproščanjem vodne pare v okolico.

Nedavno so bila predstavljena številna nova sorpcijska sredstva, kot so fizikalna, kemična, nova kompozitna in polimerna sorpcijska sredstva [2], za različne aplikacije, kot je CO₂ adsorpcija iz zraka (DAC) in pridobivanje vode iz atmosfere (AWH). Raziskave na področju takšnih naprednih energetskih materialov so spodbudile tudi raziskave tehnologije toplotnih črpalk s sorpcijskimi sredstvi (DCHP).

2 PRINCIP DELOVANJA

Delovanje enote DCHP temelji na adsorpciji vodne pare, ki skupaj s senzibilnim hlajenjem predstavlja vir toplote (Slika 1). Eksotermni adsorpcijski proces vodi do povišane temperature uparjanja. Proces desorpcije reciklira toploto, adsorbirano med procesom uparjanja, kar povzroči sproščanje vode iz sušilnega sredstva, kar zniža temperaturo kondenzacije. Nižja temperaturna razlika med hladno in vročo stranjo toplotne črpalke omogoča večjo energetsko učinkovitost (COP) enote DCHP (Slika 1). Zaradi specifičnih lastnosti higroskopskih sredstev mora tovrsten sistem imeti dva para uparjalnik – kondenzator. Za ciklično delovanje tovrstnega sistema je potrebno zagotoviti preklapljanje med načinoma uparjalnika in kondenzatorja istega prenosnika toplote. Med regeneracijo se adsorbirana voda v uparjalniku desorbira, ko je isti prenosnik toplote v vlogi kondenzatorja, s čimer se pripravi prenosnik toplote za naslednjo fazo adsorpcije vodne pare.



Slika 1: Delovni princip DCHP in prikaz cikla v T-s diagramu.

3 REZULTATI

Izvedli smo primerjalne poskuse z več tradicionalnimi klimatizacijskimi enotami (ACU) za vlake v standardnih delovnih pogojih, na osnovi kitajskega železniškega standarda (GB/T 19,842–2005), pri temperaturi suhega termometra 29 °C, temperaturi mokrega termometra 23 °C in zunanji temperaturi 35 °C. Povprečni COP ACU na osnovi DCHP je bil 2,5, kar kaže na izboljšano zmogljivost prvotnega sistema (1,8) za več kot 38% [3] air conditioning accounts for 30% of the total operational energy consumption, thus, it is crucial to enhance the efficiency of air conditioning units (ACUs. Eksperimentalni podatki za štiri mesta na Kitajskem v različnih podnebnih klimatskih tipih kažejo na bistveno povečanje COP v primeru uporabe tovrstnega sistema v tropskih (COP = 2.9) in sub-tropskih podnebjih (COP = 2.3). Nasprotno pa hladno, zmerno celinsko podnebje z nizkim deležem latentne toplote predstavlja slabše razmere za dvig energetske učinkovitosti (COP = 1.7).

4 ZAKLJUČKI

Tehnologija DCHP je pokazala izjemne izboljšave COP predvsem v vlažnih okoljih. Pravi izziv je delovanje DCHP v okoljih z visokimi nihanji relativne vlažnosti. V nekaterih primerih dodatna plast sorpcijskega materiala na prenosniku toplote predstavlja večji toplotni upor za odvajanje kondenzacijske toplote. Izboljšano energetska učinkovitost je možno doseči z naprednim preklapljanjem med načinoma uparjanja in kondenzacije v prenosnikih toplote. Dodatno spodbudo tej tehnologiji je mogoče zagotoviti z uvedbo poligeneracije, na primer z uvedbo trajnostnega hlajenja (klimatizacija) in sočasnega pridobivanja atmosfarske vode.

5 REFERENCE

- [1] J. Woods, N. James, E. Kozubal, E. Bonnema, K. Brief, L. Voeller, J. Rivest, Humidity's impact on greenhouse gas emissions from air conditioning, *Joule* (2022). <https://doi.org/10.1016/J.JOULE.2022.02.013>.
- [2] P. Poredoš, H. Shan, C. Wang, F. Deng, R. Wang, Sustainable water generation: grand challenges in continuous atmospheric water harvesting, *Energy Environ. Sci.* 15 (2022) 3223–3235. <https://doi.org/10.1039/D2EE01234K>.
- [3] Z. Shao, Z.G. Wang, P. Poredoš, T.S. Ge, R.Z. Wang, Highly efficient desiccant-coated heat exchanger-based heat pump to decarbonize rail transportation, *Energy* 271 (2023) 127014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127014>.

Zamik električne porabe s toplotnimi črpalkami in hrambo toplote

Franc Marovt*

¹ Kronoterm d.o.o., Trnava, Slovenia

² Naziv podjetja oz. institucije, Mesto, Država

* Kontaktna oseba:

Franc Marovt / Suzana Guček

Kronoterm d.o.o.o

E-pošta: franc.marovt@kronoterm.com / suzana.gucsek@kronoterm.com

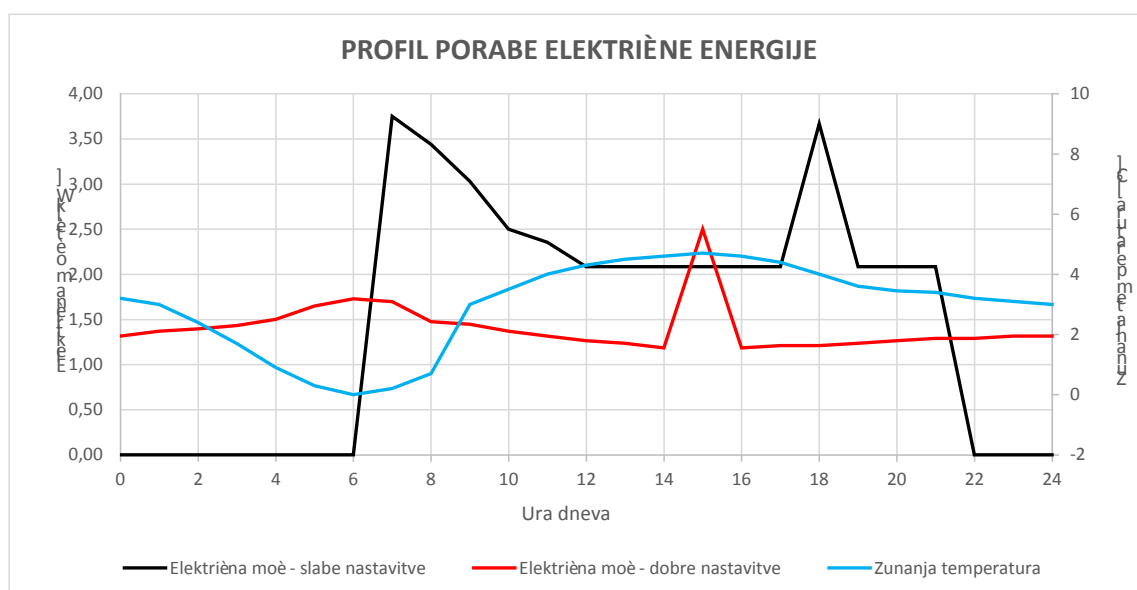
Ključne besede: #toplotna črpalka, #električna moč, #električna konica, #hramba toplote, #pcm, #udobje

1 UVOD

Električna energija postaja primarni vir energije v našem življenju. Kuhanje, ogrevanje, transport se pospešeno elektrificira, kar po eni strani prinaša dobre priložnosti za povečanje učinkovitosti rabe primarne energije, hkrati pa to za obstoječe električno omrežje predstavlja velik problem, zaradi čedalje večjih potreb po višji prenosni kapaciteti. Dodatno obremenitev predstavljajo sončne elektrarne, ki lahko imajo izrazito konično obremenitev omrežja.

2 PROFIL ELEKTRIČNE PORABE TOPLOTNE ČRPALKE

Toplotne črpalke so ključne za zeleni prehod in hkrati obremenitev in razbremenitev za električno omrežje, odvisno od načina uporabe. V nadaljevanju je prikazan profil električne moči toplotne črpalke vgrajene v tipično slovensko hišo z radiatorskim ogrevanjem.



V črnem je prikazan profil TČ, ki se ponoči izklopi, zaradi česar pride do izrazite konice v jutranjih urah, ko je mimogrede tudi zunanja temperatura najnižja. Toplotna črpalka prav tako kontinuirano dela na višji moči, da kompenzira primanjkljaj toplote. Do popoldanske konice pride zaradi priprave tople sanitarne vode (v nadaljevanju TSV) po kosilu. V rdečem je prikazan profil tč, ki greje kontinuirano in ima nastavljeno gretje TSV med 14 in 15 uro, ko je zunanja temperatura najvišja. Istočasno pride v el. omrežju do konice zaradi viškov iz sončnih elektrarn, kar pomeni, da je konična poraba v tem času dejansko pozitivna. Profil električne moči se seveda spreminja tudi zaradi drugih porabnikov (pečica, kuhališča, električni avto, ...).

V tem primeru lahko tudi dobro nastavljena toplotna črpalka povzroči nezaželeno konično porabo. V izogib temu je mogoče s toplotno črpalko nekaj toplote hraniti, ki jo potem porabimo v času, ko imajo drugi porabniki večjo porabo. Hramba 8 do 10 kWh toplote pri običajni slovenski hiši zadošča za približno 2 uri ne-motenega ogrevanja tudi, če toplotna črpalka ne deluje.

Pri kontinuiranem ogrevanju in ustreznih radiatorjih za ogrevanje zadostuje temperatura vode med 40 in 55°C. Za hrambo cca 10 kWh toplote potrebujemo pri teh pogojih hranilnik toplote volumna vsaj 900 l, kar pa lahko predstavlja težavo, saj marsikdo v hiši nima prostora za hranilnik toplote takšne velikosti.

3 PCM ZA POVEČANJE HRAMBE TOPLOTE

Alternativa klasičnim hranilnikom pa lahko postanejo hranilniki toplote s PCM-ji (Phase Change Material), ki lahko zaradi fazne spremembe v enakem volumnu hranijo bistveno več toplote. V istem primeru, bi z uporabo PCM-ja s tališčem med 48 in 50°C za enako količino hranjene toplote potrebovali samo 250 l hranilnik toplote oziroma kar 3,6 x manj.

PCM-ji lahko torej bistveno zmanjšajo potreben volumen hranilnika, vendar pa zaradi daljšega delovanja toplotne črpalke pri višji temperaturi (taljenje PCM-ja) pride do poslabšanja učinkovitosti, kot prikazuje preglednica spodaj.

Preglednica 1: Pregled različnih PCM materialov – potencial za hrambo toplote

	Temp. režim hrambe	Volumen hranilnika s PCM	Volumen hranilnik brez PCM	Vpliv na SCOP
Talno ogrevanje - PCM 50	30-50°C	200	400	~-30%
Talno ogrevanje - PCM 44	30-45°C	300	600	~-23%
Talno ogrevanje - PCM 31	30-35°C	250	1800	~-5%
Radiatorsko ogrevanje - PCM 50	45-55°C	250	900	~-10%

4 ZAKLJUČKI

Toplotne črpalke so tehnologija, ki lahko omili obremenitev električnega omrežja, če so ustrezno nastavljene. Z začasnim zamikom ogrevanja s hranilnikom toplote, pa lahko konično obremenitev zmanjšamo še dodatno, pri čemer s klasičnimi hranilniki toplote potrebujemo precej prostora. Uporaba PCM-jev to olajša vendar vpliva na sezonsko učinkovitost sistema zaradi česar so ti uporabni predvsem kjer je na voljo elektrika iz lastne elektrarne in je cilj shraniti čim več energije, ko je ta na voljo.

Kako pravilno projektirati sistem IR-ogrevanja, da zadostimo energetske učinkovitosti v stanovanjskih in industrijskih objektih

Avtor Mirko Katalenič, Marko Radoš, Miha Mulič

¹ Ekosen d.o.o., Miklavž na Dravskem polju, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: Miha Mulič

Institucija/podjetje: Ekosen d.o.o.

E-pošta: miha.mulic@ekosen.si

Ključne besede: Ključne besede: IR ogrevanje, IR panel, nove tehnologije, energetska učinkovitost, pravilno načrtovanje ogrevanja, ogrevanje v industriji, ogrevanje v stanovanjskih objektih

1. PRINCIP INFRARDEČEGA OGREVANJA PROSTOROV

Infrardeče (IR) ogrevanje je naravni način ogrevanja, ki služi za ogrevanje notranjih prostorov in deluje po enakem principu kot sonce ogreva Zemljo že tisočletja. Razvoj tehnologije je omogočil, da se na enak, naraven in hkrati sodoben način, segrevajo notranji prostori. Tako kot sonce akumulira svojo IR-toploto v Zemlji, tako tudi IR-ogrevanje uporablja stene, tla in predmete kot hranilnike toplote. V tem principu ogrevanja se skriva popolnoma drugačna logika ogrevanja kot smo jo vajeni iz konvekcijskega načina. V (ne)razumevanju te drugačne logike ogrevanja se krešajo različna mnenja tako laične kot strokovne javnosti.

2 KLJUČNI ELEMENTI PRAVILNEGA PROJEKTIRANJA SISTEMA IR-OGREVANJA

IR-ogrevanje nudi več prednosti v stanovanjskih in industrijskih objektih, vendar le, če je sistem pravilno načrtovan in implementiran. Napačno načrtovanje lahko povzroči preobremenitev omrežja, večjo porabo energije in nezadovoljstvo uporabnikov.

1. Ustrezna moč IR-panelov: Največji izziv predstavlja neustrezno dimenzioniranje IR-sistemov glede na toplotne izgube objekta, vrsto materialov in stopnjo vlage v gradbenih elementih. Napačno dimenzionirani sistemi ne zmorejo ustrezno in enakomerno ogreti vseh površin v prostoru kar rezultira k pomanjkanju toplote in prekomernemu delovanju IR-panelov. To posledično vodi do višjih porab energije in neučinkovitosti.

2. Pravilna razporeditev IR-panelov: Pravilno pozicioniranje je ključno za optimalno delovanje sistema. IR-paneli, nameščeni na neustreznih mestih, ne bodo enakomerno porazdelili toplote, kar povzroča hladnejša območja. V stanovanjskih objektih je stropna namestitvev običajno najustreznejša, saj omogoča optimalno razpršitev toplote. Tako dosegamo toplejše vse površine v prostoru, predvsem pa toplejša tla.

3. **Kakovost materialov:** Uporaba ustreznih materialov zagotavlja daljšo življenjsko dobo, stabilen grelni element, boljšo učinkovitost sevalne toplote, visoko stopnjo emisivnosti in minimalno akumulacijo toplote v IR panelu.

4. **Napredna regulacija:** Za doseganje največjega udobja in zmanjšanja stroškov ogrevanja je potrebna napredna regulacija, ki omogoča natančno prilagajanje delovanja glede na temperaturne spremembe. Sistem IR SUN, razvit v Sloveniji, ne uporablja načina histereze kot večina termostátov na trgu, temveč temelji na nizkofrekvenčni pulzno širinski modulaciji (PWM), kar omogoča konstantno enakomerno temperaturo v prostoru s prilagajanjem sevalne moči IR panela.



Slika 1: Ustrezno pozicioniranje IR panelov in prikaz delovanja [Ekosen d.o.o.].

3 ENERGETSKA UČINKOVITOST V STANOVANJSKIH OBJEKTIH IN INDUSTRIJI

Ob zadostitvi zgornjih pogojev pravilnega načrtovanja in dimenzioniranja se pri IR-ogrevanju odvije specifičen proces, ki je značilen pretežno le za tovrstne sisteme:

- **Neposreden prenos toplote:** IR-valovanje ne porablja energije za neposredno ogrevanje zraka, temveč večino toplote absorbirajo površine v prostoru, kot so stene, tla in pohištvo. Zrak se nato posredno segreje od teh ogretyh površin.
- **Ni izgub pri transportu energije:** Vsa energija se ustvari in odda v prostoru, kar je ključno za doseganje manjših toplotnih izgub v celotnem sistemu. Pri običajnih centralnih sistemih prihaja do izgub na razvodih, pri izogrevanju, dimniku, na zunanjih enotah TČ ipd.
- **Enakomerna porazdelitev toplote:** Enakomerno in optimalno razpršeno ogrevanje celotnega prostora, brez točkovnega pregrevanja površin z manj izgubami toplega zraka pod stropom.
- **Hitra odzivnost sistema:** S podporo napredne IR SUN regulacije se dovaja točno toliko energije, kot je v danem trenutku potrebno in takojšnje prilagajanje na temperaturne spremembe – s tem zmanjšamo obremenitev električnega omrežja in dosegamo manjšo porabo energije.
- **Počasnejše ohlajevanje in manj izgub pri zračenju:** Pri zračenju prostorov nastane manj izgub, saj se več toplote akumulira v predmetih kot v zraku, zato se energija počasneje izgublja.
- **Izjemna učinkovitost v prostorih z visokimi stropi:** Zaradi načina oddajanja toplote s sevanjem in posrednim segrevanjem zraka bistveno zmanjšamo izgube toplega zraka proti visokemu stropu.
- **Ciljno ogrevanje:** V specifičnih situacijah in določenih industrijskih objektih se omogoča consko ali direktno ogrevanje delov prostora brez potrebe po ogrevanju celotnega industrijskega objekta.

4 ZAKLJUČEK

Pravilno projektiranje in poznavanje zakonitosti IR-ogrevalnih sistemov sta ključnega pomena za doseganje energetske učinkovitosti. Uvajanje standardov in izobraževanje na področju IR-ogrevanja je velikega pomena za napredek pri uvajanju novih tehnologij, katere ljudem izboljšujejo bivanje.

Sistem kompresijske dvostopenjske toplotne črpalke z vgrajenimi turbinami

Sven Gruber^{1,*}, Klemen Rola¹, Danijela Urbanc¹ in Darko Goričanec¹

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Sven Gruber

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

E-pošta: sven.gruber@um.si

Povzetek: Razvoj učinkovite in okolju prijazne tehnologije postaja vedno burnejša tematika. V trenutni energetske krizi se spopadamo z vedno večjo potrebo po energiji, medtem ko se energetske rezerve manjšajo. Učinkovita proizvodnja elektrike in toplote je ključnega pomena za zeleno in trajnostno prihodnost. Toplotne črpalke predstavljajo zanimivo in okolju prijazno alternativo proizvodnje toplote, ki v primerjavi s tradicionalnimi metodami signifikantno zmanjša ogljični odtis. Dvostopenjske kompresijske toplotne črpalke so danes deležne veliko pozornosti, zaradi njihovega potenciala učinkovitejšega obratovanja kot standardne enostopenjske toplotne črpalke. V konferenčnem prispevku bo predstavljena različica kaskadne dvostopenjske toplotne črpalke modificirana s turbinami. Simulacijski rezultati kažejo na možnost implementacije predlaganega sistema v obstoječe sisteme v industriji. Ob učinkovitejšem delovanju hkrati zmanjša emisije CO₂ in s tem neposredno pozitivno vpliva na okolje. Predstavljena toplotna črpalka lahko zamenja zastarele in neučinkovite tehnologije z negativnim vplivom na okolje in tako prispeva k učinkovitejši in trajnostni prihodnosti slovenske industrije.

Ključne besede: Dvostopenjska kaskadna toplotna črpalka, turbine, trajnost, ogljični odtis.

1 UVOD

Pri vse višji porabi energije in hitrim gospodarskim razvojem so podnebne spremembe, emisije CO₂ in globalno segrevanje postale med najpomembnejši in najnujnejši izzivi, s katerimi se sooča človeštvo [1], [2]. Toplotne črpalke so se izkazale kot obetavna alternativa za razogljičenje energetskega sektorja zaradi njihovega potenciala varčevanja z energijo in nizkih emisij CO₂ [3]. Njihova implementacija v sisteme oskrbe z energijo lahko izboljša energetske učinkovitost stavb in industrije [4].

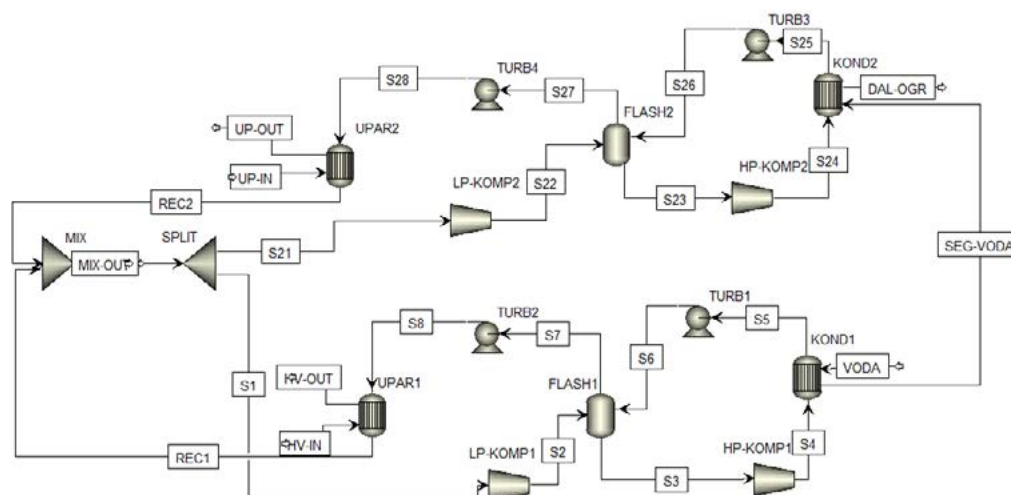
V prispevku je predstavljena toplotna črpalka z implementiranimi turbinami za učinkovito in sočasno proizvodnjo toplote in elektrike.

2 SIMULACIJA

Model sistema toplotne črpalke je bil simuliran v programskem paketu Aspen Plus V12.1.

Shema predstavljena na sliki 1 prikazuje dvostopenjsko kaskadno toplotno črpalko z vgrajenimi turbinami. V nasprotju s klasičnimi kaskadnimi toplotnimi črpalkami ta model vpelje ekspanzijsko posodo (FLASH) v obeh stopnjah. Po razdelilniku (SPLIT) se hladilno sredstvo porazdeli v prvo in drugo stopnjo kaskade. V prvi stopnji (tokovi S1-S9) se hladilno sredstvo komprimira v nizkotlačnem kompresorju (LP-KOMP1) in vodi v ekspanzijsko posodo (FLASH1). Pare pri visoki temperaturi in tlaku (S3) se dodatno komprimirajo v visokotlačnem kompresorju (HP-KOMP1) in vodijo kot vroč fluid (S4) v kondenzator (KOND1). V omenjenem toplotnem izmenjevalcu se vtočna voda delno segreje in vodi kot tok SEG-VODA v drugo kaskadno stopnjo. Hladilno sredstvo se utekočini

(S5) in vodi v turbino z variabilno fazo – VP turbina (TURB1). Ta omogoča proizvodnjo električne energije pri sočasni prisotnosti tekoče in plinaste faze. Hladilno sredstvo, ki se nahaja v dveh fazah na iztoku (S6) se vrača v ekspanzijsko posodo. Tekoče hladilno sredstvo na iztoku le-te (S7) se vodi v drugo VP turbino (TURB2) in naknadno popolnoma upari v uparjalniku (UPAR1). Za uparevanje hladilnega sredstva je potreben nizko-temperaturni vir energije. Hladilno sredstvo (REC1) cirkulira nazaj v mešalnik (MIX), kjer se združi s hladilnim sredstvom druge kaskadne stopnje (REC2). Ta deluje po enakem principu z modificiranimi tlačnimi razmerji kompresorjev in pogoji v ekspanzijski posodi, da se zadosti potrebna toplota za ogrevanje vode (DAL-OGR) do željene temperature.



Slika 1: Simulacija dvostopenjske toplotne črpalke z vgrajenimi turbinami

3 ZAKLJUČEK

Predstavljen sistem toplotne črpalke omogoča sočasno proizvodnjo toplote in elektrike. Dvostopenjske toplotne črpalke so trenutno deležne veliko pozornosti zaradi superiornega obratovanja v primerjavi s konvencionalnimi enostopenjskimi toplotnimi črpalkami. Predstavljeno postrojenje združuje dvostopenjsko komprimiranje s kaskadnim gretjem vode in implementiranimi VP turbinami za generiranje elektrike. Dvostopenjsko komprimiranje razbremenjuje nizkotlačni kompresor obeh kaskadnih stopenj (LP-KOMP1 in LP-KOMP2) in s tem omogoča učinkovitejšo in cenejšo komprimiranje. Kaskadna zasnova greje vodo v dveh stopnjah in s tem omogoča obratovanje prvega kaskadnega kroga pri nižjih kompresijskih razmerjih tako v nizkotlačnem (LP-KOMP1) in visokotlačnem kompresorju (HP-KOMP1). Nenazadnje implementacija VP turbin, ki nadomestijo ekspanzijske ventile zagotavljajo vir električne energije s tem, da delno povrnejo ekspanzijske izgube.

V prihodnosti so optimizacije posameznih procesnih enot ključnega pomena za učinkovitejšo in stabilnejšo obratovanje. Potrebne so nadaljnje študije implementacije sistema v industrijskem merilu za obravnavo vrzeli v znanju eksperimentalnih študij večstopenjskih toplotnih črpalk z implementiranimi VP turbinami.

4 REFERENCE

- [1] G. Han in X. Cai, „The linkages among natural resources, sustainable energy technologies and human capital: An evidence from N-11 countries“, *Resources Policy*, let. 90, str. 104787, mar. 2024, doi: 10.1016/j.resourpol.2024.104787.
- [2] M. Zastempowski, „Analysis and modeling of innovation factors to replace fossil fuels with renewable energy sources - Evidence from European Union enterprises“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, let. 178, str. 113262, maj 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113262.
- [3] M. Essadik, Z. Hajabdollahi Ouderji, A. McKeown, Y. Lu, in Z. Yu, „A multi-valve flexible heat pump system with latent thermal energy storage for defrosting operation“, *Energy and Buildings*, let. 321, str. 114656, okt. 2024, doi: 10.1016/j.enbuild.2024.114656.
- [4] Y. Guo *idr.*, „A review on hybrid physics and data-driven modeling methods applied in air source heat pump systems for energy efficiency improvement“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, let. 204, str. 114804, okt. 2024, doi: 10.1016/j.rser.2024.114804.

Elektrifikacija velikih sistemov ogrevanja in hlajenja za trajnostno prihodnost

Benjamin Černoša¹, Eva Lina Nava Vilorio¹ in Andrej Ljubenko^{1,*}

¹ Siemens Energy d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Andrej Ljubenko

Siemens Energy d.o.o.

E-pošta: andrej.ljubenko.ext@siemens-energy.com

Ključne besede: Elektrifikacija, velike toplotne črpalke, stabilizacija omrežja, daljinsko ogrevanje, dekarbonizacija, obnovljiva energija

1 UVOD

Raba energije za ogrevanje in hlajenje v EU predstavlja skoraj 50 % celotne bruto končne rabe energije [1]. Za ohranitev našega okolja bo potrebno dekarbonizirati ta pomemben del. Uporabo fosilnih goriv bomo v naslednjih desetletjih morali močno zmanjšati. Elektrifikacija sistemov ogrevanja predstavlja enega izmed najpomembnejših načinov, kako bomo to dosegli. S toplotnimi črpalkami lahko na najučinkovitejši način pretvorimo električno energijo v toploto in hlad, saj iz ene enote električne energije pridobimo 2 do 8 enot toplote in hkrati 1 do 7 enot hladu. Kadar jih poganjamo z obnovljivimi viri energije, so lahko resnično trajnostne in učinkovite.

Po drugi strani povečanje količine instaliranih toplotnih črpalk prinaša svoj niz izzivov. Posamezni uporabniki pogosto potrebujejo državne spodbude za nakup toplotne črpalke. Poleg tega so potrebne zadostne zmogljivosti in fleksibilnost dobavnih verig ter osebja za proizvodnjo, namestitve in vzdrževanje toplotnih črpalk. Povečana uporaba toplotnih črpalk bo vplivala na vzorce porabe električne energije, saj se bo povečalo povpraševanje po električni energiji za ogrevanje. Ta porast potreb se bo pogosto pojavila v obdobjih zmanjšane proizvodnje obnovljive električne energije, na primer zaradi manjše količine sončne energije ipd. Omenjeno predstavlja breme za električno omrežje.

2 PREDNOSTI VELIKIH TOPLOTNIH ČRPALK

Velike toplotne črpalke, povezane s sistemi daljinskega ogrevanja, omogočajo fleksibilno zasnovo z možnostjo prehodne rabe alternativnih virov. Tako predstavljajo pomembno alternativo individualnim električnim toplotnim črpalkam [2]. Sisteme daljinskega ogrevanja je mogoče načrtovati z več komplementarnimi viri, zato je v času nizke proizvodnje električne energije ali visokega povpraševanja toplotna črpalka lahko izklopljena. Z opisano zasnovo lahko velike toplotne črpalke naslovijo izzive, predstavljene v uvodu, in omogočajo uporabo električne energije za ogrevanje le takrat, ko je te dovolj na voljo oziroma je zagotovljena iz sprejemljivih virov. S tem lahko velike toplotne črpalke prispevajo k stabilizaciji električnega omrežja, namesto da bi ga obremenjevale. Poleg tega,

kot dodaten vir, ponujajo edinstveno priložnost za dekarbonizacijo obstoječih sistemov daljinskega ogrevanja, ki so obremenjeni z intenzivno uporabo fosilnih goriv. Prav tako omogočajo učinkovito izkoriščanje odpadne toplote iz obstoječih energetskih lokacij, vodnih virov in podobno. Hkratno izkoriščanje energije za ogrevanje in hlajenje je lažje, kar lahko bistveno izboljša skupni COP. Z velikimi industrijskimi toplotnimi črpalkami lahko dosežemo tudi temperature do 150 °C in več, kar številnim industrijskim odjemalcem omogoča trajnostno izpolnjevanje njihovih potreb po toploti [3].



Slika 1: 20 MW toplotna črpalka v obratovanju [4].

3 PRAKTIČNI PRIMER

V Siemens Energy imamo široke izkušnje z velikimi toplotnimi črpalkami. Naši sistemi obratujejo že vse od 1980-ih let. Naš nedavni projekt, ki je začel komercialno obratovati oktobra 2023, je 20 MW visokotemperaturna toplotna črpalka, postavljena v elektrarni na premog GKM v Mannheimu, Nemčija [4]. Gre za enega od petih velikih testnih projektov velikih toplotnih črpalk v Nemčiji, ki uporabljajo različne vire toplote, kot so industrijska odpadna toplota, geotermalna ali sončna energija, rečna voda, morje, okoliški zrak in drugi. Voda reke Ren v Mannheimu poleti doseže temperaturo do 25°C in pozimi približno 5°C. Reka Ren se s pomočjo toplotne črpalke ohladi za približno 2 do 5°C. Dovodna temperatura sistema daljinskega ogrevanja je med 83°C in 99°C. Začetni rezultati prvega zimskega obratovanja kažejo obetavne izide za uvajanje velikih toplotnih črpalk.

4 REFERENCE

- [1] Eurostat, dostopno na: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230203-1>, ogled 14.9.2024.
- [2] ELES: Razvojni načrt prenosnega sistema Republike Slovenije za obdobje 2023–2032, april 2023.
- [3] Siemens Energy, dostopno na: <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product-offerings/heat-pumps.html>, ogled 14.9.2024.
- [4] Siemens Energy, dostopno na: <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/stories/mvv-mannheim.html>, ogled 14.9.2024.

9. KAZALO POSTER SEKCIJ:

POSTER SEKCIJA #1

Str.	Poster sekcija [Avtorji]
236...	Pregled parametrov za potresno projektiranje za jedrske elektrarne Aleš Jamšek, Mojca Planinc
238...	Zeleni prehod in dejanski stroški OVE Bernard Brščič
240...	Hranilniki električne energije, zeleni vodik Marijan Koželj: POBUDA: Izrazi za najbolj pogosto uporabljane pojme, besede, besedne zveze (têrmini) in pripadajoče kratice v/za elektroenergetik-i(-o) Marijan Koželj
246...	Celovit plan razvoja slovenskega elektroenergetskega sistema do leta 2040 Izidor Ostan Ožbolt
248...	Kako lahko gospodarstvo koristi razogljičenju Republike Slovenije, pa tudi svojemu: Primer supermarketov kot vir mikroomrežja DO ali dodatnega vira za poslovne ali stanovanjske stavbe Andrej Farazin, Amer Karabegović
250...	Numerična analiza pridobivanja globoke geotermične energije z nizko entalpijo z uporabo inovativne zasnovne gravitacijske toplotne cevi Urban Gselman, Darko Goričanec, Vid Peršak
254...	Kaj prinašajo nova evropska pravila za priključitev na omrežje? Mitja Pšaker

POSTER SEKCIJA #2

Str.	Poster sekcija [Avtorji]
260...	Pregled in analiza organizacijskih shem in upravljanja s kadri za Jedrsko elektrarno Krško 2 Jan Kuhar, Boris Vovčko in Tomaž Ploj
262...	Analiza različnih tipov tehnologij stikališč za JEK2 Gregor Srpčič, Jan Lokar, Samo Fürst, Jurij Kurnik, Robert Bergant
264...	Izkušnje in prenos znanja pri sodelovanju v mednarodnih strokovnih organizacijah Uroš Kerin, Aljoša Deželak, Saša Jamšek
266...	Obeti trajnostnih goriv: Proces torefikacije in njegov okoljski vpliv Maja Ivanovski, Darko Goričanec, Rudi Vončina in Danijela Urbanci
272...	Zasnova orodja za sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti elektroenergetskega sistema Slovenije Matjaž Škrlec, Jernej Lasnik, Urban Rudež
274...	Operacijske raziskave in optimizacije baterijskih sistemov Erik Rot Weiss, David Galinec, Robert Gselman, Urban Gselman

Pregled parametrov za potresno projektiranje za jedrske elektrarne

dr. Aleš Jamšek^{1,*}, Mojca Planinc¹

¹ GEN energija, d.o.o., Krško, Slovenija

* Kontaktna oseba:

dr. Aleš Jamšek

GEN energija d.o.o.

E-pošta: ales.jamsek@gen-energija.si

Povzetek: Prispevek predstavlja pregled predpisov, smernic in standardov, ki se nanašajo na potresno projektiranje jedrskih elektrarn (JE). Pregled se je osredotočil na slovensko zakonodajo in pravilnike ter na dokumente IAEA, WENRA, EUR, US NRC in ASCE. Za boljše razumevanje na kratko predstavimo tudi že izvedene obsežne verjetnostne varnostne analize – PSHA za lokacijo Krško. Na podlagi rezultatov PSHA analiz in zahtev regulatornih dokumentov in predpisov se lahko določi projektne obtežbe za projektiranje jedrskih elektrarn (JE). Glavni poudarek bo na določitvi parametrov za tri različne ravni potresnih obtežb kjer smo v prispevku za projektni parameter privzeli povratno dobo (TR) projektnih obtežb in projektnih dogodkov. Povratne dobe smo ocenili na podlagi srednjih letnih frekvenc preseganja določenih stanj. Projektne obtežbe smo razdelili v tri ravni, prva je določena za potrese ob obratovanju (OBE in SL-1), druga raven se nanaša na potrese ob varni zaustavitvi (SSE in SL-2) in projektne dogodke (DBE). Tretja raven pa je določena za potrese, ki presegajo projektne osnove (BDBE).

Ključne besede: projektne obtežbe, nivoji obtežb, povratne dobe, tveganja.

1 UVOD

Prispevek prikazuje pregled regulatornih dokumentov, standardov in smernic za definicijo potresnih parametrov za projektiranje JEK2, s poudarkom na različnih nivojih projektnih potresnih obtežb. Čeprav pri zasnovi jedrske elektrarne (JE) upoštevajo različne naravne in umetne pojave, predstavljajo obtežbe v smislu potresne nevarnosti na lokaciji Krško največji izziv v primerjavi z drugimi lokacijami. V GEN-u se zavedamo tega izziva, zato izvajamo obsežne preiskave lokacije in pa tudi izjemno obsežne študije verjetnostnih analiz potresne nevarnosti (PSHA) so v zaključnih fazah. V prispevku samo na kratko prikažemo predlog za definicijo različnih nivojev potresnih obtežb, ki bi se lahko upoštevale pri projektiranju JEK2.

2 PRIMERJAVA NIVOJEV POTRESNIH OBTEŽB

2.1 Pregled PSHA analiz za Krško lokacijo

Prva PSHA za lokacijo jedrske elektrarne Krško je bila izvedena med letoma 1992 in 1994 s strani Fajfarja in sodelavcev [1]. Sledila je priporočilom IAEA, rezultati pa so izpostavili prispevke bližnjih potresnih virov k potresni nevarnosti. Leta 2004 je bila izvedena nova PSHA z uporabo posodobljenih seizmičnih modelov za

oceno potresne nevarnosti, kar je privedlo do mediane in povprečne PGA («Peak Ground Acceleration» - največje pospeške tal) vrednosti za različna povratna obdobja [2]. Trenutno poteka nova PSHA za NEK in JEK2, ki jo izvajajo RIZZO z več kooperanti. Vključuje ocene potresnih nevarnosti za različne kontrolne točke in bo prinesla posodobljene spektralne nevarnosti. Predstavlja se tudi primerjava začetnih seizmičnih obremenitev in rezultatov PSHA.

2.2 Pregled regulatornih dokumentov, standardov in smernic

Pregled dokumentov smo izvedli na podlagi podane hierarhije v EUR [3], ki določa, katera pravila (zakoni, predpisi, kodeksi in standardi) bodo uporabljena za projektiranje prihodnjih jedrskih elektrarn in kako bodo ta pravila uporabljena. Pravila so razvrščena na pet nivojev. Kriteriji za njihovo uporabo pa so navedeni za različne varnostne kategorije in razrede sestavnih delov, sistemov in konstrukcij (SSK). EUR v nivo I uvrsti zakonodajo in pravilnike [4], na nivo II podaja EUR zahteve [3], v nivo III in IV uvršča jedrske dokumente, ki so procesno in komponentno orientirani, v nivo V pa konvencionalne standarde. EUR navaja, da je nivo I obvezen, nivoji II, III in IV so potrebni pri uporabi («necessary»), medtem ko je raven V priporočljiva. Na nivoju I smo pregledali slovensko zakonodajo in pravilnike, ki se sklicujejo na WENRA dokumente, na nivoju II smo pregledali EUR zahteve, na III in IV smo izvedli pregled IAEA, US NRC in ASCE standardov, na V nivoju pa Evrokodov.

3 ZAKLJUČKI

Prispevek je na kratko predstavil pregled regulatornih dokumentov, smernic, standardov in kodeksov za določitev različnih nivojev projektnih potresnih obtežb za projektiranje jedrskih elektrarn. V tem okviru je bil izveden pregled slovenske zakonodaje in pravilnikov s področja sevalne in jedrske varnosti, dokumenti WENRA, dokumenti EUR, varnostni standardi IAEA, dokumenti ameriškega regulatornega organa US NRC, standardi ASCE. Predstavljene ravni potresnega projektiranja so razvrščene v tri ravni:

- Raven za določitev potresov ob obratovanju – OBE («Operating Basis Earthquake»), ki ustreza obratovalnim mejam (po IAEA [5] SL-1 in/ali OBE). Ocenjene povratna dobe za določitev obtežb na tej ravni so med 100 in 1000 leti.
- Raven za določitev potresov ob varni zaustavitvi – SSE («Safety Shutdown Earthquake») in projektni dogodki – DBE («design basis events») ustrezajo varnostnim potresom za zaustavitev in projektiranim nevarnostim (SL-2, SSE, DBE). Ocenjena povratna doba za določitev obtežb za to raven je 10.000 let.
- Raven za potrese, ki presegajo projektne osnove – BDBE («Beyond Design Basis Earthquake») ustreza redkim in težkim dogodkom ter dogodkom izven projektne osnove. Slednja raven se lahko definira pri 1,5 kratniku za SSE po EUR dokumentih. Za raven BDBE pa je priporočena tudi potresna verjetnostna varnostna analiza (SPSA) za lokacije z ocenjeno visoko potresno aktivnostjo [5].

4 REFERENCE

- [1] P. Fajfar, J. Lapajne, B. Aljinović, Z. Breška, J. Logar, D. Matičec, M. Poljak, E. Prelogovič, U. Premru, V. Ribarič, S. Sočan, T. Vidic, M. Živčić, B. Jevšenak, B. Šket Motnikar, P. Zupančič. 1994. "Probabilistic assessment of seismic hazard at Krško nuclear power plant, Revision 1". Ljubljana: IKPIR UL FGG.
- [2] "PSR NEK-2.7.2-Rev.1 2002-2004". Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani (s podizvajalci).
- [3] EUR - European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants. 2016. Volume 2 Generic and Nuclear Island Requirements. Chapter 5 Codes and Standards, Revision E.
- [4] Pravilnik o dejavniki sevalne in jedrske varnosti Uradni list RS, št. 56/24.
- [5] IAEA. No. SSG-67. Safety Standards, Seismic design for Nuclear Installations", Specific Safety Guide. 2021.

Zeleni prehod in dejanski stroški OVE

Avtor **Bernard Brščič**¹

¹ Eles, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

* Kontaktna oseba:

Bernard Brščič

Eles, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

E-pošta: Bernard.Brsic@eles.si

Ključne besede: zeleni prehod, OVE, FCOE, LCOE, družbene eksternalije

1 UVOD

Energetska politika je ključni dejavnik družbene blaginje. Načeloma bi morala zasledovati tri cilje: 1) zanesljivost oskrbe, 2) dostopnost oskrbe in 3) zaščita okolja. Današnja energetska politika, zaznamovana z imperativom zelenega prehoda, se poenostavljeno osrediča na zmanjšanje antropogenih izpustov CO₂, s ciljem zmanjšanja globalnega segrevanja. Posledično je prioriteta investicijskih vlaganj v obnovljive vire energije, zlasti sončno in vetrno. Ti viri naj bi bili ne samo okolju prijazni, ampak naj bi bili po zagotovilih zagovornikov zelenega prehoda tudi cenovno ugodni, celo cenejši od konvencionalnih oblik energije. Zeleni prehod tako naj ne bi povzročal nepremostljivih družbenih stroškov, vplival na zmanjšanje konkurenčnosti in negativno vplival na družbeno blaginjo [1]. Zeleni prehod naj ne bi bil ekonomski in tehnični problem, ampak priložnost za ustvarjanje ti. »zelenih delovnih mest« in ti. »zeleno rast«. Zagovorniki zelenega prehoda prednosti investicij v proizvodnjo sončne in vetrne energije utemeljujejo na podlagi nižjih izravnanih stroškov električne energije (LCOE) le teh v primerjavi s konvencionalnimi viri. V prispevku izpostavljamo probleme s tem sicer uveljavljenim pristopom, ki v primeru analiz OVE zaradi njihovih tehnoloških specifik privede do podcenjenih dejanskih stroškov OVE in s tem zelenega prehoda. Trdimo, da je pri analizah dobiti in stroškov različnih strategij razogljčenja potrebno upoštevati vse relevantne stroške, mdr. tudi stroške integracije OVE v energetske sistem, zato je metoda LCOE neustrezna [2]. Zagovarjamo metodo polnih stroškov električne energije (FCOE), ki daje pravo oceno dejanskih stroškov posameznih virov električne energije in je kot taka primernejša za vrednotenje alternativnih energetskih politik.

2 PROBLEM STROŠKOVNE METODOLOGIJE

2.1 Metoda izravnanih stroškov električne energije (LCOE)

Po metodi LCOE stroške izračunamo kot celotne stroške elektrarne deljene s celotno proizvedeno energijo v življenjski dobi le te. Stroški vključujejo zgolj začetno investicijo in stroške obratovanja ter vzdrževanja. V ozadju metodologije LCOE je podmena, da je elektrarna izolirana in nima vpliva na elektroenergetski sistem [3]. V primeru OVE je to izrazito problematična predpostavka, saj gre za stohastične vire, ki s svojo nezanesljivo proizvodnjo

predstavljajo izjemne tehnološke izzive za integracijo v elektroenergetski sistem. Problemi integracije postajajo akutni z naraščanjem deleža OVE. Če je mogoče metodo LCOE zagovarjati z vidika posameznega investitorja, pa je metoda z vidika načrtovanja energetske politike pomanjkljiva, ker ne upošteva ne tehnično-sistemskih in ne družbenih eksternalij. Za celovito družbeno analizo dobrobiti in stroškov je potrebno zajeti vse eksternalije.

2.2 Metoda polnih stroškov električne energije (FCOE)

Metoda FCOE dopolni LCOE z vsemi relevantnimi stroški tako na ravni elektroenergetskega sistema kot na ravni celotne družbe [4].

$$FCOE = LCOE + \text{sistemski integracijski stroški} + \text{družbene eksternalije}$$

FCOE vključuje tako sistemske integracijske stroške kot so stroški prenosa in distribucija energije, hranilnikov energije, rezerv, prilagajanja sistema nihanju proizvodnje kot tudi negativne družbene eksternalije, kot so recikliranje OVE po koncu življenjske dobe, raba prostora in dejanski okoljski stroški.

3 ZAKLJUČKI

Razumevanje dejanskih stroškov električne energije je ključno za oblikovanje prihodnosti energetskih sistemov. Zeleni prehod ni in ne bo poceni. Zagovorniki prednosti investicij v OVE utemeljujejo na podlagi nižjih izravnanih stroškov proizvodnje električne energije, ki pa ne upošteva potrebnih investicij v prenosno in distribucijsko omrežje. Če upoštevamo polne stroške električne energije, tj. dejanske družbene stroške, ugotovimo, da sta sončna in vetrna energija dražji od konvencionalnih virov električne energije, njuna cena pa se še povečuje z rastjo njunega deleža v energetskem sistemu. Energetska politika, ki predpostavlja, da je tehnično in ekonomsko mogoče energetske sisteme zasnovati izključno na OVE, je utopična. Zeleni prehod ima svoje meje.

Potrebujemo revizijo energetske politike. Namesto favoriziranja sončne, vetrne, hidro, geotermalne, biomasne, jedrske, plinske ali premogovne energije bi bilo potrebno spodbujati energetske sisteme, ki spodbujajo zanesljivo oskrbo in preprečujejo energetske revščine in to na način, da pretirano ne ogrožamo okolja. To pa pomeni povečanje in ne zmanjšanje investicij v konvencionalne oblike energije ter zlasti izboljšanje energetske učinkovitosti.

4 REFERENCE

- [1]MIHALIČ R.: Kako poceni je električna energija iz obnovljivih virov, Zbornik 26. mednarodne multikonference Informacijska družba, Ljubljana, 11. oktober 2023
- [2]ALDERSEY-WILLIAMS J., RUBERT T.: Levelised Cost of Energy – A Theoretical Justification and Critical Assessment, Energy Policy, 124, 2019, str. 169-179
- [3]VERONESE E. et al.: Improving the Traditional Levelized Cost of Electricity Approach by Including the Integration Costs in the Techno-economic Evaluation of Future Photovoltaic Plants, International Journal of Energy Research, 45, 2021, str. 9252-9269
- [4]SCHERNIKAU L., SMITH W.H.: The Unpopular Truth about Electricity and the Future of Energy, Energeia Publishing, 2024

Hranilniki električne energije, zeleni vodik

mag. Marijan Koželj, u.d.i. elektroenergetik
upokojenec, mn.kozelj@gmail.com

Povzetek

V razogljičenju porab vseh vrst energije, pri zamenjavah drugih vrst energije z električno (ee), se veliko pričakovani polaga v uporabo vodika (H_2). H_2 prostega v Zemljini naravi skorajda ni, ga je možno pridobiti na več načinov. Da pa pri tem ne nastanejo toplogredni plini (TGP, CO_2 , ...), je tehnološko najbolj dosegljivo z izrabo presežkov električne energije (ee) z elektrolizo vode. Potem je problem. H_2 je zelo lahek plin, ki pri višjih tlakih (100-250 bar) zahtevno terja posebne nepropustne stene hranilnika. Bi ga bilo treba shraniti na daljše obdobje, od poletnih na zimske mesece, kako? Letno enkratno hranjenje električne energije (ee) od poletja (ali od jeseni) do zime v električnih akumulatorjih (aku) ni obetajoče. Obetajoče so kemijske pretvorbe v spojine, ki jih je lažje hraniti, kar terja investicije in se v seriji pretvorb ee ... hranilnik ... ee precejšnji del ee-ja izgubijo v toploti ob spojinah, ki sodelujejo v procesu pretvorbe, kar je del naravnih zakonitosti, ter v toploti v običajnem smislu izgub skozi toplotne izolacije.

Zeleni vodik, H_2 , „barve“ vodika

Električne energije (ee) ne moremo shranjevati v izvorni obliki, razen v električnih kondenzatorjih in elektromagnetih, kar pa za vsakdanjo rabo večjih količin ee-ja ni možno. Večje količine vodika je težko shranjevati, niti niso v rabi veliki plinovodi za čisti vodik. Za utekočinjanje z ohlajanjem na $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ porabimo okoli 30 % vodika - pa čeprav ga pridobimo z obnovljivimi viri energije (OVE, fotonapetostne elektrarne FE, vetrne elektrarne VE, ...). Pri tlakih nad 400 bar (in višjih temperaturah) vodik difundira v mnoga jekla ter takšne tlačne posode postanejo krhke. Tudi hranilniki vodika v zemeljskih plasteh, takšni kot je večina hranilnikov za zemeljski plin (ZP), niso ustrezni, so pa druge možnosti za podzemne hranilnike s tlaki do 125 oz. do 280 bar, ki si jih v Sloveniji ne zamišljamo (visoke investicije).

Vodik je brezbarven, prozoren plin, terja posebno strokovno/varnostno ravnanje. V mešanici, če je prostorninski delež vodika v zraku 5-75 %, je zmes eksplozivna, vprašljivo za gospodinjstva itd. Spoznan je kot odličen močan energent, pri spajanju/zgorevanju ni nobenega CO_2 , niti prahu in drugih trdnih onesnaževal. Predvidoma uporaben v železarnah ...

Viri električne energije (ee) za elektrolizo so lahko različni in po tem dobi vodik, ki je sicer brezbarven, pridevniško ime iz „barvne kode vodika H_2 “:

črni H_2	uplinjanje antracita ali črnega premoga
rjavi H_2	uplinjanje rjavega premoga ali lignita
sivi H_2	steam methane reforming without CCUS*
modri H_2	iz ZP ali biomase steam reforming with CCUS*
turkizni H_2	iz ZP kot surovine brez CO_2 ...piroliza, kjer C postane trdna črna snov (saje)
zeleni H_2	proizveden z elektrolizo vode z ee iz OVE (obnovljivi viri energije)
roza H_2	proizveden z elektrolizo vode z ee iz JE (jedrska elektrarna)
rumeni H_2	proizveden z elektrolizo vode z mešanico ee iz SE in fosilnih goriv
beli H_2	iz narave v podzemnih nahajališčih, včasih sproščen pri fracking* ali proizveden z uplinjanjem OVE - biomase ali plastike

(* steam reforming ... zgorevanje ogljika pri visoki temperaturi ob prisotnosti vodne pare in ob tem sproščanje H_2 in CO ; * CCUS ... carbon capture, utilisation and storage, zajem CO_2 in izraba za druge produkte ter shranjevanje; * fracking ... drobljenje kamenin v globini zemlje).

„Zeleni vodik“ je le tisti proizveden kot presežek z ee-jem iz OVE!

Viški električne energije (ee), pretvorjene v H₂, količine

Nekaj podatkov o nekaterih gorivih: Molske mase, gostote in (zgornje) kurilne vrednosti (HHV) za nekaj goriv: H₂ 1,008 g/mol, 0,090 kg/m³ (tekoč 70,85 kg/m³, pri 20,28 K) 39,4 kWh/kg, 3,55 kWh/m³; C 12,01 g/mol, 1950 kg/m³, 9,11 kWh/kg, 17,8 MWh/m³; CO₂ 44,01 g/mol, CO 28,0 g/mol, 1,250 kg/m³, 2,80 kWh/kg, 3,51 kWh/m³; metan CH₄ 16,04 g/mol, 0,716 kg/m³, 15,4 kWh/kg, 11,03 kWh/m³; metanol CH₃OH 32,04 g/mol, 791 kg/m³, 6,39 kWh/kg, 5,056 MWh/m³; etanol C₂H₅OH 46,068 g/mol, 789,45 kg/m³, 8,25 kWh/kg, 6,50 MWh/m³; bencin 755 kg/m³, 9,06 kWh/kg, 6,84 MWh/m³; dizel 845 kg/m³, 10,1 kWh/kg, 8,53 MWh/m³; O₂ 16,0 g/mol, 1,429 kg/m³ (zrak 1,20 kg/m³); N₂ 28,014 g/mol, 1,250 kg/m³; amonijak NH₃ 17,031 g/mol, plin: 0,769 kg/m³ STP, 0,73 kg/m³, 1,003 bar, 15 °C - tekoč pri -33 °C 681,9 kg/m³ - 22,5 MJ/kg = 6,25 kWh/kg (kg/Nm³), a ... leto, EES ... elektroenergetski sistem

Vprašamo se, koliko, kakšnega ee-ja potrebujemo za proizvodnjo 1.000 t-H₂/a. Predpostavimo, da bodo elektrolizerji in s kompresorji vodika na za shranjevanje na primeren tlak (npr. 200 bar, s komprimiranjem se plinu dviga temperatura - sprotno hlajenje) imeli dober energijski izkoristek 0,7 ob letnih obratovalnih urah 2500 h/a na ee iz OVE, iz fotonapetostnih elektrarn (FE, 1100 h/a) in iz vetrnih elektrarn (VE, 2000 h/a). Za proizvodnjo 1 kg vodika je ob takšnem izkoristku potreben ee 39,4/0,7 = 56,3 kWh/kg (ali več), pri 2500 h/a je nazivna moč elektrolizerja 56300/2500 = 22,52 W. Pri 1.000 t-H₂/a je ustrezna moč elektrolizerjev $22,5 \times 10^6 = \mathbf{22,5\ MW}$ in ee letno porabljen $22,5 \times 2500 = \mathbf{56,3\ GWh/a}$. Pri ceni ee 100 €/MWh (10 ¢€/kWh) je strošek 5,63 €/kg-H₂.

Vzamemo npr. ceno 1.000.000 €/MW elektrolizerja s kompresorji in opremo ter s priključkom na EES, kar znese 22,5 M€, npr. po letni obrestni meri 3 %/a na življenjsko dobo 20 let, kar znese letno anuiteto 1,512 M€/a oz. $1512/1.000 = 1,512\ €/kg-H_2$, letno v amortizaciji. Torej lastna cena 1,512+5,63 = 7,14 €/kg-H₂. Nekaj pribitka moramo priznati lastniku za vzdrževanje in upravljanje ter dobiček, skupaj npr. 30 %, prodajna cena torej $7,14 \times 1,3 = 9,28\ €/kg-H_2$. Če gre za drugačno količino H₂, se zgornje številke sorazmerno korigira.

Postopek izračuna je vzorec, vsi vhodni številčni podatki so hipotetični, vendar s tendenco, kar se da realnih vhodnih podatkov!

Morda se zdijo vhodni podatki z izračunanim previsokim 9,28 €/kg-H₂: Treba je opozoriti, da niso bili omenjeni vzdrževalni/obratovalni stroški (poleg elektrolizerjev druge naprave, hranilniki H₂ in morebitnih energetskih tekočin, priprava vode in kemikalije, rezervni deli - potrošnji material, upravljanje, plače vzdrževalcev in obratovalcev, okoljske in druge dajatve). V ceni ee-ja je treba upoštevati stroške elektrarn na OVE, jedrske - amortizacija. Veliko odgovorov na ta vprašanja bi lahko dobile naše inštitucije od lastnikov že obratujočih takšnih postrojev. Definitivni stroški bodo znani šele, ko bo takšen postroj pri nas že nekaj časa obratoval, o letnih obratovalnih urah (h/a) pa šele po nekaj letih, ko se bo izkazalo, koliko „zelenega vodika“ bo SI sposoben proizvesti, morda tudi uvoziti, kar bremenijo tudi stroški prenosa.

Velikost hranilnika za H₂

Potreben volumen za 1 t vodika pri tlaku 200 bar, 1 t-H₂: $10^6\ kg / (0,090\ kg/m^3) / 200 = 111 \times 10^3\ m^3$; potrebna ee za elektrolizo (zelo visok izkoristek 0,7 skupaj s komprimiranjem in drugimi izgubami energije), $10^6\ kg \times (39,4\ kWh/kg) / 0,7 = 5,63 \times 10^6\ kWh = 5,63\ TWh$.

Za 1 GWh v vodik s HHV pri 25 °C in 200 bar je potrebno $m = 1 \cdot 10^6 / 39,4 \approx 25\ t-H_2$, kar pomeni $V_{net} = 25 \cdot 103 / (0,090 \times 200) \approx 1,39 \cdot 10^3\ m^3$, vključno cushion (temeljni plin za ustvaritev osnovnega tlaka, neizrabljiva polnitev skladišča pred napolnitvijo z izkoristljivimi količinami vodika), torej kakšnih $V_{brut} = 2,5 \cdot 10^3\ m^3/GWhHHV$. Za 1 TWh 1000 krat toliko. Takšne hranilnike za vodik v Sloveniji si težko zamišljamo v doglednem času.

Ni ideje, kje/kako za Slovenijo shraniti velike količine H₂, npr. s tlakom do 40 bar ali do 250 bar. Osebni avtomobil prevozi npr. 100 km s 4,5 litra bencina ali z 1 kg vodika.

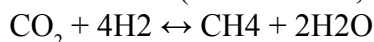
Pretvorbe energije v druge kemijske spojine s H₂ kot vhodnim energentom

V strokovnem jeziku kemikov (g/mol) so v enačbi v tvorbenih entalpijah (ΔH) kot toplota upoštevane vse v procesu sodelujoče spojine (in nekateri elementi). V procesu v vstopnih in v izstopnih spojinah vgrajena toplota ima negativni predznak (-). Iz procesa izstopajoča vsa toplotna energija ima minus predznak ($\Delta H = - \dots$), ali + predznak ($\Delta H = + \dots$). Če $\Delta H = + \dots$, je toploto treba dovesti od zunaj procesa (npr. zgorevanje vstopne snovi).

Elektroenergetike nas predvsem zanima, koliko izrabljive energije W_i je treba v proces vložiti in koliko izrabljive proste energije W_o pride iz procesa. Razlika $W_i - W_o$ je „izgubna“ energija W_{izg} ali „odpadna“ toplota W_{odp} ali W_t . V kolikor del od W_i izkoristimo (toplarniško, TETO), dobimo boljši skupni izkoristek kemijskega procesa kot le $\eta = W_o/W_i$.

Le pri prvem naslednjem primeru so izkazani HHV in ΔH , pri ostalih le HHV, pri temperaturi okolice (20 °C).

metan (vrelišče -161,6 °C):



$$44,01 + 8,064 \leftrightarrow 16,04 + 36,03 = 52,07 \text{ g/mol}$$

$$-393,5 + 4 \times 0 \leftrightarrow -74,85 - 2 \times 241,8 - \Delta H_f^\circ \quad -393,5 \leftrightarrow -558,4$$

$$\Delta H_f^\circ = -558,4 + 393,5 = -164,9 \text{ kJ/mol (voda v pari)}$$

$$-393,5 + 4 \times 0 \leftrightarrow -74,85 - 2 \times 285,8 - \Delta H_f^\circ \quad -393,5 \leftrightarrow -646,3$$

$$\Delta H_f^\circ = -646,3 + 393,5 = -253 \text{ kJ/mol (voda tekoča)} \quad \text{izstopna toplota}$$

$$0 + 8,064 \times 141,8 \rightarrow 16,04 \times 55,50 + 0 \quad 1143 \rightarrow 890 \text{ vstopna/izstopna energija}$$

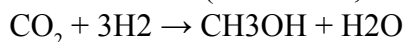
$$\text{izguba izkoristljive energije: } 1143 - 890 = 253 \text{ kJ/(16,04 g),} \quad = 253 \text{ kJ/(8 g) v molih}$$

$$\text{preračun iz mol v kg: } 15,8 \text{ MJ/kg-CH}_4 \quad 31,6 \text{ MJ/kg-H}_2$$

$$W_{izg} = W_i - W_o = 1143 - 890 = 253 \text{ kJ} = W_{odp} = W_{izg} = W_t$$

$$\text{teoretični energijski izkoristek } \eta = W_o/W_i = 890/1143 = 0,78$$

metanol (vrelišče 64,7 °C):



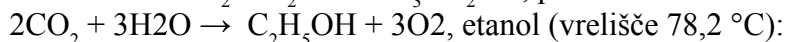
$$44,01 + 6,048 \rightarrow 32,04 + 18,015 = 50,06 \text{ g/mol}$$

$$0 + 6,048 \times 141,8 \rightarrow 32,04 \times 22,7 + 0 \times -131 \quad 856 \rightarrow 727 \quad W_{izg} = 856 - 727 = 129 \text{ kJ} = W_{odp}$$

$$\eta = 727/856 = 0,85, \text{ tj. pri metanolaciji precej ugodneje kot pri metanaciji}$$

Prispevek („žlahtne“) energije, ki je dovedena z vodikom (4H₂, 3H₂) se nam le deloma povrne (v metanu CH₄, v metanolu CH₃OH), torej („žlahtni“) teoretični izkoristek 0,78 za metan preko vodika, oz. 0,85 za metanol preko vodika.

etanol CO₂ + H₂O → CH₃CH₂OH, pri visokem tlaku in pari 300 °C ter s katalizatorjem

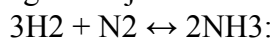
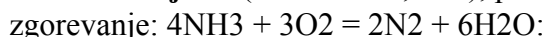


$$2 \times 44,01 + 3 \times 18,015 \rightarrow 46,068 + 3 \times 16,0 = 94,68 \text{ g/mol}$$

$$2 \times 0 + 3 \times 0 \rightarrow 29,7 + 3 \times 0 \quad 0 - 29,7/46,068 = -0,645$$

... v ta proces je treba dovesti le toploto 0,645 MJ/kg-etanol (+ pokrivati izgube toplote), vendar je ta proces tehnološko precej bolj zahteven; dovedena energija ne izvira iz dovedenega H₂!

amonijak: (vrelišče -33,3 °C), pri 500 °C in tlaku 200·105 Pa (~20 bar);



$$6 \times 1,008 + 2 \times 14,006 \leftrightarrow 2 \times 17,031$$

$$6,048 + 28,012 \rightarrow 34,062 \text{ g/mol}$$

$$6,048 \times 141,8 + 28,012 \times 0 \rightarrow 2 \times 17,031 \times 22,5$$

$$W_{izg} = 857,6 - 766,4 = 91,2 \text{ kJ} \dots /34,062 = 2,63 \text{ MJ/kg-amonijak} \dots \text{izgubljena energija} = W_{odp}$$

$$\eta = 766,4/857,6 = 0,89 \dots \text{teoretični energijski izkoristek}$$

Glede amonijaka kot gorivo v npr. plin(-sko parn-)ih turbinah se sprašujem, koliko NO_x nastane in se ne razgradi v takšnih turbinah pred izpustom v ozračje.

Očitno je, da proizvodnji metana ali metanola, metanacija ali metanolacija, ne predstavljata trajnega ponora CO₂, gre le za krajši časovni pomik ponora in enake emisije ... je pa ob izrabi metana ali metanola možno zajemanje in shranjevanje CO₂ ter „CO₂ nevtrarno“ vračanje v kemično reakcijo v obdobjih, ko je na razpolago odvečen in zelo poceni ee.

Za gorivne celice na čisti vodik je zgornja meja teoretskega LHV/HHV izkoristka $120,0/141,7 = 0,847$, na metanol $15,8/18,2 = 0,824$, danes realno na vodik izkoristek kakšnih 0,6. Iz $1/0,6 = 1,67$ TWh iz FE poleti se nam iz $V = 320 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, tj. 1 TWh v metanolu pozimi z gorivnimi celicami vrne 0,6 TWh električne energije in 0,4 TWh toplotne energije - toplotno lahko pozimi v precejšnji meri izkoristimo, torej električni izkoristek od ee v ee, $\eta_{ee-ee} = 0,6/1,67 = 0,36$ (ali prej manj kot več) ... in ob tem predhodno veliko investicij v postroje.

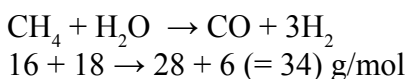
Velika plinska turbina, 100%-no predelana na vodik, skupaj s parno, presega izkoristek 0,6 in porabi $120 \times 103 \text{ Nm}^3/\text{h}$ vodika ... $120.000 \times 0,6 \times 3,55/1000 = 255 \text{ MWe}$... v ee-ju ... vendar je problem hranilnika za vodik na daljši rok (iz poletja na zimo). Uporaba H₂ namesto ZP terja predelave ali zamenjave postrojev in opreme.

Še vedno nam preostaja razmišljanje, kako na daljši rok usmeriti (elektro)energetiko v Sloveniji, da bi razpoložljiva energija zadovoljila vse resnične potrebe, povsod, v vsakem trenutku, v vseh letnih časih.

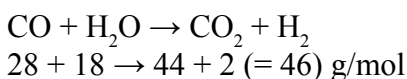
Pretvorba metana z vodno paro v vodik

MK231119/28 methane steam reforming (MSR) efficiency, izkoristek ... Če dovolj vodika ne bi bilo na razpolago, je H₂ možno pridobiti neposredno iz metana ... kjer pa nastane še CO₂:

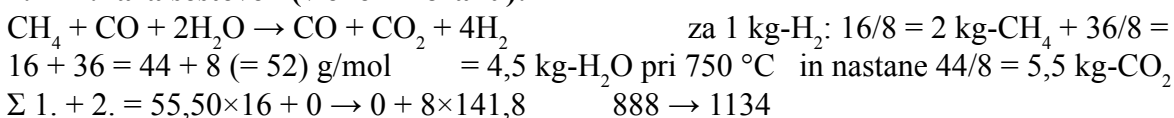
1. faza: 750-800 °C



2. faza: 350 ... 190-210 °C



1. in 2. faza seštevek (v enem koraku):



„ $\eta > 1$ “ ... presežek na izstopni strani je doveden s toploto, metan dodatno zgoreva

Izvajanja so teoretična (η). Ker se precej toplote pri visokih temperaturah izgubi v okolico, vstopno gorivo izgoreva tudi za vzdrževanje visoke temperature v proces vstopajočih spojin, je tehnološki izkoristek slabši, npr. 74 %, česar pa ne moremo vedeti, če tega ne bi poznali za dejanske postroje (možna izraba s koncentracijo sončnega sevanja, v deželah z veliko sonca). Če upoštevamo realni podatek $\eta = 0,74$ pri MSR, naj bi bila količina v proces vstopajočega CH₄-kg za faktor $141,8/(55,50 \times 0,74) = 3,45$ večja od izstopajočega H₂-kg.

OPOMBA: Zaradi nazornosti vsi zapisi niso usklajeni s predpisi BIPM, kot je pogosto v predhodnem: k merskim enotam se brez presledka ne sme pripisovati indeksov in drugih informacij.

Reference:

1. Wikipedia
2. Google
3. spletne strani proizvajalcev elektrolizerjev
4. <https://www.mkx.si/Marijan.Kozelj/>

Zeleni vodik, H₂, hranilniki električne energije; OVE; pojmi, simboli ... predstavitev

mag. Marijan Koželj, u.d.i. elektroenergetik
upokojenec, mn.kozelj@gmail.com

Povzetek

V prisposobi je vodik, H₂, „zelen“, če je proizveden z energijo izključno iz OVE. Problem je shranjevanje velikih količin, npr. s poletja na zimo. Možne so kemijske reakcije, pretvorbe, vendar z izgubami bolj žlahtne energije v toploto. Potrebne so dodatne investicije.

Potencial izrabe OVE-jev je velik, predvsem sevanja Sonca. Fotosinteza rastlinske vegetacije ni konkurenčna fotonapetostnim in drugim vrstam sončnih elektrarn. Brez TGP-jev (predvsem vodni hlapi, oblaki) bi na Zemlji imeli ledeno dobo.

V strokovnih krogih, in zato tudi v javnosti, se pojmov iz elektroenergetike ne izraža pravilno (terminologija). Tudi je veliko napak in nevednosti pri zapisih simbolov veličin in merskih enot za področja fizike, tehnike in drugod. Napake se ponavljajo, ker v strokovnih revijah in v sredstvih javnega obveščanja ni bilo in ni (ponavljajočega se) opozarjanja.

Ključne besede: zeleni vodik, kemijske reakcije, OVE, merske enote

Celovit plan razvoja slovenskega elektroenergetskega sistema do leta 2040

Izidor Ostan Ožbolt^{1,*}

¹ Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Izidor Ostan Ožbolt

E-pošta: izidorostanozbolt@gmail.com

Povzetek: Elektroenergetika je v krizi, saj se razen SE ne gradi elektrarn. Potrebujemo za čim več ključnih deležnikov sprejemljiv in s tem izvedljiv scenarij razvoja EES. Za to mora ta vsebovati tehnične, ekonomske, socialne, naravovarstvene in podnebne vidike. Takšen v prispevku predstavljen scenarij, temelječ na obsežni študiji [1], ključno temelji na veliki rasti sončnih elektrarn in novi jedrski elektrarni (ob predpostavki doseganja transparentnosti in ekonomske učinkovitosti), predvideva pa tudi rast PT, PPE in SPTE enot, ki bodo postopno prešle na vodik, in vetrnih elektrarn, postavljenih na naravi prijaznih lokacijah. Zaradi biodiverzitetnih razlogov se dodatna izraba vodne energije in biomase ne predvideva. Za doseg stabilnosti in sigurnosti oskrbe se predlaga velik porast baterijskih hranilnikov in elektrolizerjev, dvoletna državna pomoč TEŠ (do 2027) ter gradnja podzemne črpalne hidroelektrarne v jami PV. Opisano omogoča pokrivanje koničnega odjema, spopadanje s sončnimi viški poleti, uvozno odvisnost pod NEPN mejo ter zadostne kapacitete za zagotavljanje avtomatske in ročne rezerve za povrnitev frekvence.

Ključne besede: elektroenergetski sistem; optimalni razvoj elektroenergetskega sistema; petstebni pristop; ekonomija; tehnika; narava; podnebje; družba

1 SLOVENSKA ENERGETIKA PRED ZAHTEVNIM REBUSOM

Slovenski elektroenergetski sistem (EES) je pred zahtevnim rebusom – zaradi podnebne krize mora pospešeno preiti na nizkoogljične vire energije, hkrati pa proces ne sme poslabšati tehničnih in ekonomskih parametrov delovanja sistema, poglobiti socialnih stisk ter pospešiti upada biotske raznovrstnosti. Še več, da bi ga podprla najširša množica naravoslovnih in humanističnih strokovnjakov, nevladnih organizacij in civilnih iniciativ, kar predstavlja predpogoj njegove implementacije, mora obsegati najrazličnejša področja in znanja različnih strok. Konkretno, vsak celovit in tehten plan razogljčenja EES mora biti skladen s petimi krovnimi stebri: zanesljivo in sigurno obratovanje EES; ekonomičnost delovanja; socialna pravičnost; ohranjanje narave; in usklajenost s Pariškim podnebnim sporazumom.

2 CELOVIT PLAN RAZVOJA, SKLADEN S PETIMI STEBRI

Temelječ na obsežni študiji [1] predlagamo podroben plan razvoja EES, ki bo primarno temeljil na velikem povečanju sončnih elektrarn (7000 MW do 2040) in novem bloku jedrske elektrarne v Krškem (pod pogojem transparentnega in strokovnega vodenja projekta ter doseganja ekonomičnosti), od katere bo slovenski del štel 880 MW, petina tega pa bo namenjena za izdelavo vodika. Okoli 300 MW bo vetrnih elektrarn, 200 MW novih SPTE enot, 342 MW plinsko parnih elektrarn in 212 MW plinskih turbin. Zadnji trije tipi elektrarn bodo postopno prešli na vodik in SNP. Zaradi biodiverzitetne škode novih hidroelektrarn in povečane rabe biomase ne predvidevamo. Za zagotavljanje stabilnosti in sigurnosti sistema ob obstoječih kapacitetah (HE, ČHE, ...) predvidevamo podzemno ČHE v Premogovniku Velenje (PV), 225 MW efektivnega prilagajanja odjema, nekaj izklapljanja

OVE iz omrežja, več kot 800 MW baterij in 1550 MW elektrolizerjev. Če podrobneje ocenimo doseganje vseh petih stebrov razvoja EES.

Zanesljivost delovanja je zagotovljena z dovoljšnjimi kapacitetami avtomatske rezerve za povrnitev frekvence glede na leto 2040, ter zanemarljivim povišanjem ročne rezerve za povrnitev frekvence z več kot dovoljšnjimi viri za njeno pokritje. Sigurnost delovanja EES je zajamčena z varnim pokrivanjem konične obremenitve, letne uvozne odvisnosti pod najvišjo dopustno mejo 25% iz NEPN, ustreznimi kapacitetami za spopadanje s presežno močjo sončnih elektrarn ter dovoljšnjimi strateškimi rezervami za zimske dni. Celovit plan prestrukturiranja TEŠ in PV, ki njuno obratovanje podaljša iz leta 2025 na 2027, bi dodatno prispeval k zanesljivosti. Enako velja za obsežne investicije v omrežje, večje skladišče vodika na vzhodu Slovenije ter smiselni preplet EES s sektorjem ogrevanja in hlajenja. Nenazadnje, uravnotežena struktura proizvodnje skozi celotno obdobje daje sistemu dodatno robustnost.

Skladnost z ekonomskim stebrom plana smo dokazali z več metrikami. Ponderirana stroškovna cena električne energije naj bi se leta 2030 in 2040 dvignila za 1% oz. 5% glede na leto 2021, pričakovani dobiček pred davki celotnega EES pa naj bi bil pozitiven skozi celotno opazovano obdobje ter leta 2030 in 2040 skladen s tistim iz 2021. Predvidene kumulativne in letne investicije so skladne s primerljivimi študijami in uresničljive v celotnem obdobju 2022–2040, saj so potrebne letne investicije obvladljive v primerjavi z investicijami preteklih let.

Socialna podstat programa je izpolnjena na vseh treh ravneh: na globalni ravni s pravočasnim razogljčenjem EES; na nacionalni z zanemarljivim povečanjem stroškovnih cen električne energije ter demokratizacijo sektorja; na regionalni ravni pa z dovoljšnjimi sredstvi za pravično prestrukturiranje Šaleške doline (in Zasavja) ter podaljšanjem obratovanja PV in TEŠ.

Predvideli smo tri načine za preprečevanje nadaljnje degradacije narave. Identificira izključitvena območja določajo izbor naravni prijaznih lokacij za prostorsko umestitev elektrarn. Zaradi prekomernih negativnih posledic na naravo nove velike hidroelektrarne in elektrarne na biomaso niso predvidene. Dodatno, v želji po renaturaciji in podivljanju vodnih ekosistemov, izhajajoč tudi iz Strategije EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030, je predvideno odstranjevanje najbolj škodljivih malih hidroelektrarn s priležnimi jezovi.

Skladnost predlaganega načrta s Pariškim podnebnim sporazumom smo ocenili na kratki in dolgi rok. Kratkoročnega cilja znižanja toplogrednih plinov za 68 % do leta 2030 glede na leto 2020 nismo dosegli, vendar je naš plan vseeno skladen s predlogom Združenih narodov, izhajajočim iz Pariškega sporazuma, po razpolovitvi emisij do 2030 glede na 2020, ter občutno presega evropske in nacionalne podnebne cilje. Z doseganjem ničlogličnih emisij do okoli leta 2037 plan doseže dolgoročne cilje Pariškega sporazuma.

3 ZAKLJUČKI

Predlagani načrt razvoja slovenskega EES je tako skladen z vsemi petimi stebri. Še več, takšen pristop naslavlja enega osrednjih problemov prihajajoče zelene tranzicije: manko skupnega in strokovnega plana razogljčenja EES, ki bi ga podprli tako naravoslovni in humanistični strokovnjaki kot nevladne organizacije, lokalne skupnosti, sindikati in širše ljudske množice. S celovito obravnavo ter vključevanjem pogledov različnih akterjev lahko predstavljeni program nudi osnovoo za pogovore med mnogoterimi deležniki in oblikovanje skupnega programa, ki ne bo sprožal nepotrebnih konfliktov in bo pospešil razogljčenje elektroenergetskega sektorja v Sloveniji.

4 REFERENCE

- [1] OŠTAN OŽBOLT I.: Green transformation : decarbonisation plan for the Slovenian electric power system and its macroeconomic implications : master's thesis, Magistrska naloga, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 2022.

Kako lahko gospodarstvo koristi razogljichenju Republike Slovenije, pa tudi svojemu:

Primer supermarketov kot vira mikroomrežja DO ali dodatnega vira za poslovne ali stanovanjske stavbe

Andrej Farazin^{1*}, Amer Karabegović¹

¹ Danfoss Trata d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Andrej Farazin

Danfoss Trata d.o.o. Ljubljana

E-pošta: andrej.farazin@danfoss.com

Ključne besede: gospodarstvo, razogljichenje, daljinsko ogrevanje, rekuperacija odpadne toplote, integracija sektorjev

1 UVOD

Negotovost energetskega trga prihodnosti – razpoložljivost, nestanovitnost in zanesljivost primarnih goriv OVE, še posebej v Sloveniji, in trend naraščajoče energetske revščine v kurilni sezoni prinašata pred vse nas veliko zahtevnih izzivov. Glavni izziv je, kako z dostopno ceno toplote vsem občanom omogočiti zanesljivo oskrbo s toploto. Glavna naloga energetske strategije bi morala biti, kako razogljčiti energetski sektor in doseči trajnostni prehod. Diverzifikacija toplotnih virov, čim večja izraba odpadne in odvečne toplote ter sinergija s slovenskim gospodarstvom za njeno izrabo so lahko odgovor na te izzive.

2 VPLIV PAMETNIH ENERGETSKIH SISTEMOV NA SUPERMARKETE

Kompresorski hladilni sistemi ponujajo obilico priložnosti, ki so poceni in se lahko dokaj preprosto vključijo v pametne (in prilagodljive) energetske sisteme. Supermarketi so bili tradicionalno obravnavani kot potrošniki energije zdaj pa je prišel čas za ponovno oceno tega pogleda. Današnje tehnologije hlajenja v supermarketih predstavljajo pameten, prilagodljiv sistem, ki supermarketom omogoča, da postanejo ne le potrošniki ampak tudi proizvajalci in s tem uspešno orodje zagotavljanja zanesljivosti oskrbe za dobavitelje električne energije.

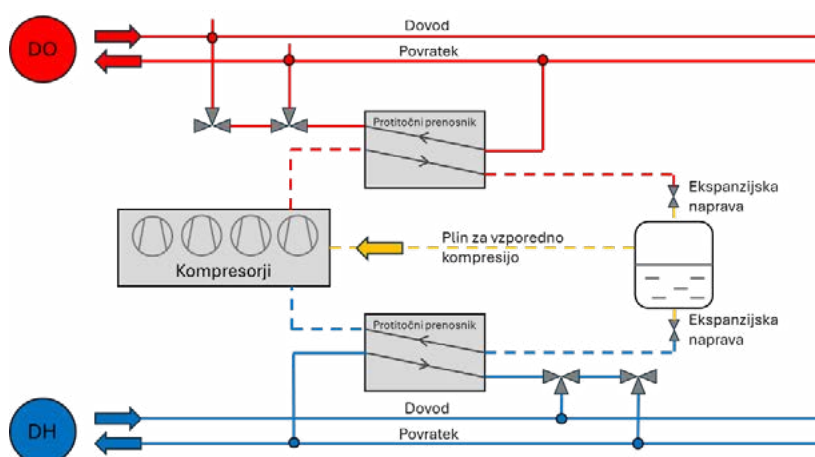
2.1 Pametno omrežje in supermarketi

Električna omrežja, ki prenašajo visok odstotek obnovljive električne energije, kot sta veter in sonce, se soočajo z vedno večjim izzivom pri uravnoteženju povpraševanja in ponudbe električne energije. Supermarket ima visoko

zmogljivost shranjevanja hladu zaradi količine hrane, ki je jih je treba hladiti ali zamrzovati. To tudi pomeni, da lahko trgovski sektor kot „navidezna elektrarna“, igra pomembno stabilizacijsko vlogo s prilagajanjem porabe električne energije za hlajenje hrane in za druge dejavnosti, ki porabljajo električno energijo (kot sta odtajevanje in ogrevanje vitrin). Sistem tako ob razpoložljivosti viškov električne energije v omrežju dodatno ohlaja izdelke in nato ob pomanjkanju električne energije zmanjša porabo le te za hladilne procese.

3 SUPERMARKETI V SISTEMIH DALJINSKEGA OGREVANJA IN HLAJENJA

V tem prispevku je prikazan primer, kako lahko supermarketi zagotovijo osnovni vir toplote za poslovne ali stanovanjske zgradbe in hkrati omogočajo prožnost med največjo toplotno obremenitvijo na kritičnih točkah v omrežju sistema daljinskega ogrevanja. Drug primer je uporaba odvečne toplote iz supermarketov kot osnovnega vira toplote za nova ali obstoječa mikroomrežja daljinskega ogrevanja.



Slika 1: Glavni oris povezljivosti zunanjega toplotnega omrežja z daljinskim hlajenjem (DH) in ogrevanjem (DO). Črtkane črte so cevi za hladilno sredstvo, polne črte pa so cevi za vodo. [Vir slike 1].

Rekuperacija toplote po definiciji temelji na energiji, pridobljeni v hladilnih enotah v trgovini, in jo je mogoče obravnavati kot brezplačno dodatno energijo. Vzporedno poteka običajna proizvodnja toplote s toplotno črpalko, ker obstaja potreba po toploti. Kljub temu je uporaba dodatne zmogljivosti kompresorja za proizvodnjo in prodajo toplote priložnost za trgovanje, ki poteka dinamično skozi celoten dan. Posledično mora biti vzpostavljena avtomatizirana ocena, kdaj in kako uporabljati dodatno proizvodnjo, da se doseže ustrezno (učinkovito) stroškovno ravnovesje.

4 ZAKLJUČKI

Ogrevanje in hlajenje v supermarketih je mogoče integrirati – z uporabo okolju prijaznih hladilnih sredstev – v toplotna omrežja, kjer predstavljajo tako rekoč skriti vira ogrevanja z zmernimi stroški izvedbe. Integrirani sistem ogrevanja in hlajenja lahko postane dober način odzivanja na spremenjeno povpraševanje po električni energiji tekom dneva. Tradicionalni hladilni sistemi supermarketov (z uporabo okolju prijaznih hladilnih sredstev) lahko združijo prednosti obnovljive energije v pametnih elektro energetskih sistemih z novim sistemskim pristopom porabe električne energije za hlajenje v supermarketih in uporabo odpadne toplote iz hlajenja v toplotno omrežje.

5 REFERENCE

- [1] <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-stories/dcs/smart-energy-systems-impact-on-supermarkets/>.

Numerična analiza pridobivanja globoke geotermične energije z nizko entalpijo z uporabo inovativne zasnove gravitacijske toplotne cevi

Urban Gselman^{1,*}, Darko Goričanec² in Vid Peršak³

¹ HSE Invest d.o.o., Maribor, Slovenija

² Univerza v Mariboru, fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor, Slovenija

³ Univerza v Ljubljani, fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Urban Gselman

HSE Invest d.o.o.

E-pošta: urban.gselman@hse-invest.si

Povzetek: Geotermično energijo, ki izhaja iz notranje toplote Zemlje, je mogoče izkoristiti zaradi geotermalnega gradienta med notranjostjo Zemlje in njenim površjem. Količina toplote se razlikuje po regijah in je največja v bližini vulkanskih območij. Za razliko od visoko-entalpijskih virov, kjer je možno uporabljati paro direktno iz zemlje, viri z nizko entalpijo zahtevajo binarne sisteme za proizvodnjo električne energije, kjer se sistemi z odprto-zančnim načinom soočajo s težavami, kot so izluževanje raztopljenih snovi in njihovo težavno čiščenje ter morebitna inducirana seizmičnost, medtem ko zaprto-zančni sistemi močno zmanjšajo stroške in vplive na okolje, a s tem tudi proizvodno moč. Nova zasnova geotermalne gravitacijske toplotne cevi (GGTC) odpravlja problem parazitne porabe energije recirkulacijskih črpalk za kroženje tekočine z uporabo hidrostatskega tlaka. GGTC, inštalirana v opuščeni vrtini v SV Sloveniji za pridobivanje toplote iz globin cirkulira delovni fluid s krožnim postopkom uparjanja, ekspanzije na turbini, kondenzacije ter spuščanjem tekočine nazaj v globine. Model toplotnega toka z uporabo numerične metode končnih razlik predvideva, da neprekinjeno pridobivanje z največjo zmogljivostjo hitro izčrpa uporabno toploto. Prihodnje delo bo preučilo trajnostno pridobivanje toplote in morebitno delovanje s prekinitvami za izboljšanje učinkovitosti.

Ključne besede: geotermična energija, geotermična gravitacijska toplotna cev, numerično modeliranje, zaprto krožni toplotni izmenjevalec, posamezna vrtina.

1 UVOD

Geotermična energija je leta 2020 predstavljala 15 950 MW inštalirane električne moči in 107 727 MW toplotne moči [1]. To energijo so izkoriščali v večini v državah, ki imajo na svojem območju blizu površja na voljo geotermalno paro ali kamnine s temperaturami preko 200 °C [2]. Velika večina toplote se blizu površja nahaja pri temperaturah, nižjih od 150 °C, tako imenovana nizko-entalpijska toplota [3], [4]. V teh primerih se za proizvodnjo električne energije uporablja binarni toplotni cikel, kjer primarni delovni ali ekstrakcijski fluid iz globin na površje prinese toplotno energijo, ki se preko toplotnih izmenjevalcev prenese na sekundarni delovni fluid z lastnostmi, ki omogočajo fazno spremembo pri temperaturah dostavljene toplote. V obravnavanem primeru je v okviru pilotnega projekta [5] v že obstoječo suho vrtino vstavljena tehnologija geotermične gravitacijske toplotne cevi

(GGTC) [6], ki omenjena dva delovna fluida v binarnem ciklu združi v enega. Prednosti inovacije znižani stroški ob uporabi obstoječih vrtin, manjše eksergijske izgube zaradi zmanjšane števila toplotnih prenosov in uporaba gravitacijskega kroženja namesto prisilnega, kar zvišuje izkoristek celotnega procesa [7].

2 METODOLOGIJA

2.1 Tehnologija GGTC

Tehnologija GGTC deluje tako, da delovni fluid v toplem podzemnem delu vrtine izhlapeva, se zaradi tlačne razlike in nižje gostote dvigne proti vrhu, kjer se expandira in kondenzira, nato pa se kot tekočina vrne nazaj v vrtino. Kroženje poteka gravitacijsko, kjer stolpec tekočega delovnega fluida ustvari visok hidrostatski tlak, pri katerem se delovni fluid pod zemljo uparja pri višji temperaturi, kondenzator pa na površini ustvarja utekočinjanje pri nižjem tlaku in temperaturi. Ta tlačna razlika od dna vrtine do vrha namesto električne pumpe poganja tok delovnega fluida. Tlak v sistemu vrtina - izmenjevalnik toplote se uravnava s količino delovne tekočine v sistemu, masni pretok se uravnava s toplotnim pretokom v kondenzatorju, najvišja temperatura pa je določena z zgornjo mejo dela vrtine, v katerem se vrši toplotni prenos ter geotermalnim gradientom v okolici. Delovno tekočino je treba izbrati glede na njen fazni diagram, gostoto njene parne frakcije in posledičnim padcem tlaka od območja toplotne izmenjave do površine ter toplotnih karakteristik zadevne geotermalne vrtine.

2.2 Opis modela

Temperatura v okolici vrtine, v kateri se vrši toplotni prenos lahko opišemo z enačbo nestacionarnega toplotnega toka v neskončnem mediju z zanemarljivo površinsko toplotno upornostjo [8]. Zaradi posameznosti vrtine je možno problem opredeliti z dvema dimenzijama, saj je tretja simetrična na eno izmed prejšnjih. V tem delu je bila uporabljena numerična aproksimacija metode končnih razlik:

$$T_{i,j}^{n+1} = T_{i,j}^n + \alpha \Delta t \left(\frac{T_{i+1,j}^n + T_{i-1,j}^n - 2T_{i,j}^n}{\Delta r^2} + \frac{T_{i,j+1}^n + T_{i,j-1}^n - 2T_{i,j}^n}{\Delta z^2} \right) \quad (3)$$

Kjer T označuje temperaturo v odvisnosti od n , i , in j , ki označujejo časovni, globinski ali radialni korak Δt , Δz , in Δr . α označuje toplotno difuzivnost zemlje

2.3 Opis lokacije in parametrov

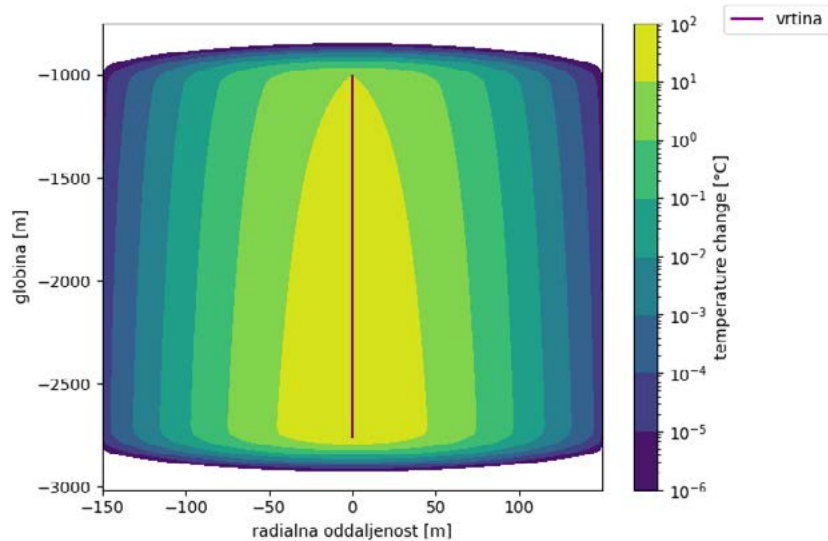
Za analizo je bila izbrana vrtina Pg-8 v SV Sloveniji, katere podatki so bili pridobljeni od Petrol Geo d.o.o. ter GeoZS [9] in iz relevantnih geoloških študij okolice [10], [11]. Spodnja preglednica prikazuje podatke izvedbe tehnologije GGTC na lokaciji.

Preglednica 1: Parametri inštalacije v vrtini, pridobljeni od Petrol Geo d.o.o.

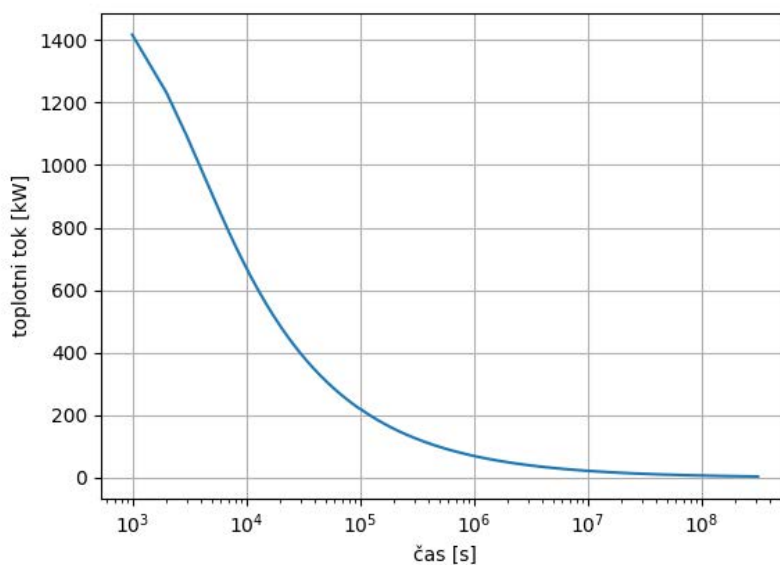
Merjena veličina	Enota	Vrednost
Zunanji premer vrtine	m	0,2445, 0,1778
Globina spremembe zunanjega premera vrtine	m	1781
Povprečen zunanji premer vrtine	m	0,21
Globina prvega čepa	m	1000
Globina drugega čepa	m	2763

Obravnavan časoven horizont znaša 10 let. Radialni korak Δr je z namenom dobre aproksimacije enak polmeru vrtine. Globinski korak Δz je enak 1 m. Časovni korak se spreminja s potekom kalkulacije in ga omejuje stabilnost numerične aproksimacije [12]. Izračunan toplotni tok je vedno maksimalen možen.

3 REZULTATI



Slika 1: Relativna sprememba temperature v okoliški kamnini po 10 letih maksimalnega izkoriščanja toplote vrtine. Rdeča pravokotnika označujeta približan vrh in dno vrtine na naslednjih slikah.



Slika 2. Sprememba toplotnega toka v 10 letih maksimalnega izkoriščanja toplote vrtine. Časovna os je logaritemska za boljšo reprezentacijo razvoja maksimalnega toplotnega toka preko obratovalnega obzorja.

4 ZAKLJUČEK

Izkoriščanje maksimalnega toplotnega toka iz vrtine je netrajnostno, saj se okoliška kamnina iz globin in radiološkega razpada ne segreva tako hitro, kot je toploto s tehnologijo GGTC možno odjemati. V nadaljnjih študijah je potrebno pregledati možnosti bolj trajnostnega odjema z nižjimi pretoki delovnega fluida ali pa z obratovanjem s prekinitvami.

5 REFERENCE

- [1] G. Hutterer, „Geothermal Power Generation in the World 2015-2020 Update Report“, World Geothermal Congress, Reykjavik, Iceland, okt. 2021. Pridobljeno: 7. november 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01017.pdf>
- [2] H. K. Gupta in S. Roy, *Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century*. Elsevier, 2006.
- [3] T. Sharmin, N. R. Khan, M. S. Akram, in M. M. Ehsan, „A State-of-the-Art Review on Geothermal Energy Extraction, Utilization, and Improvement Strategies: Conventional, Hybridized, and Enhanced Geothermal Systems“, *International Journal of Thermofluids*, let. 18, str. 100323, maj 2023, doi: 10.1016/j.ijft.2023.100323.
- [4] R. DiPippo, *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*. Elsevier Science, 2015.
- [5] „Pilot geothermal power plant on the existing Pg-8 gas well“, SI Geo electricity. Pridobljeno: 13. julij 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://si-geo-electricity.si/en/home-english/>
- [6] D. dr. Goričanec, J. dr. Krobe, in L. mag. Tomšič, „Gravitational heat pipe for the production of geothermal heat“, SI23618A, 31. julij 2012 Pridobljeno: 16. februar 2023. [Na spletu]. Dostopno na: <https://patents.google.com/patent/SI23618A/en>
- [7] J. D. Templeton, S. A. Ghoreishi-Madiseh, F. Hassani, in M. J. Al-Khawaja, „Abandoned petroleum wells as sustainable sources of geothermal energy“, *Energy*, let. 70, str. 366–373, jun. 2014, doi: 10.1016/j.energy.2014.04.006.
- [8] O. Levenspiel, *Engineering Flow and Heat Exchange*. Boston, MA: Springer US, 2014. doi: 10.1007/978-1-4899-7454-9.
- [9] „eGeologija - Geološki zavod Slovenije“. Pridobljeno: 13. julij 2023. [Na spletu]. Dostopno na: https://egeologija.si/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/search?resultType=details&fast=index&_content_type=json&from=1&to=20&sortBy=title&keyword=geotermija&sortOrder=reverse
- [10] D. Šram, N. Rman, I. Rižnar, in A. Lapanje, „The three-dimensional regional geological model of the Mura-Zala Basin, northeastern Slovenia“, *Geologija*, let. 58, št. 2, Art. št. 2, dec. 2015, doi: 10.5474/geologija.2015.011.
- [11] D. Rajver in S. Adrinek, „Overview of the thermal properties of rocks and sediments in Slovenia“, *Geologija*, let. 66, št. 1, Art. št. 1, sep. 2023, doi: 10.5474/geologija.2023.005.
- [12] D. Eberly, „Stability Analysis for Systems of Differential Equations“, maj 2008, [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.geometrictools.com/Documentation/StabilityAnalysis.pdf>

Kaj prinašajo nova evropska pravila za priključitev na omrežje?

Mag. Mitja Pšaker

ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Mitja Pšaker

ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

E-pošta: mitja.psaker@eles.si

Povzetek:

Pospešena integracija obnovljivih virov energije (OVE) pomeni popolno spremembo tehničnih karakteristik elektroenergetskega sistema (EES) in posledično vpliv na obratovanje in obvladovanje stabilnosti EES. Predvideni načrti priključevanja OVE v EES na nivoju evropske skupnosti ne predstavljajo koraka naprej, ampak kvantni preskok v obratovanju in obvladovanju stabilnosti EES.

Z namenom ohranitve stabilnosti in robustnosti EES prihodnosti poteka prenova pravil, t.i. kodeksov omrežja (angl. *Network Code* - NC), pri čemer minimalne zahtevane zmogljivosti elementov uporabnikov omrežja določajo kodeksi za priključitev na omrežje (angl. *Connection Network Codes* – CNC). Minimalne zahtevane zmogljivosti elementov uporabnikov omrežja omogočajo stabilno obratovanje EES ob motnjah v EES. CNC so: kodeks omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (NC RfG), kodeks omrežja za priključitev odjemalcev na omrežje (NC DC) in kodeks omrežja za zahteve za priključitev visokonapetostnih sistemov prenosa z enosmernim tokom in modulov v proizvodnem polju, priključenih na enosmerni tok, na omrežje (NC HVDC).

Članek podaja razloge za prenovo CNC ter pregled prenovljenih pravil podanih v osnutku predloga NC RfG 2.0 in NC DC 2.0, ki veljajo za elektroenergijske module (EM), module za shranjevanje električne energije (MSE), črpalne hidroelektrarne (ČHE), toplotne črpalke (TČ), odjemne enote za pretvorbo elektrike v plin (P2G), električna vozila z dvosmerno izmenjavo električne energije (EV V2G) s pripadajočo opremo za napajanje EV V2G, električna vozila z enosmernim odjemom električne energije (EV V1G) s pripadajočo opremo za napajanje EV V1G. Prenovljena pravila predstavljajo eno ključnih dolgoročnih rešitev za zagotovitev zanesljivosti, ekonomičnosti in stabilnosti obratovanje EES prihodnosti.

V NC RfG 2.0 so podana prenovljena pravila za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje, tj. za EM ter ČHE, in nova pravila za hranilnike električne energije t.i. MSE med katere se poleg baterijskih hranilnikov električne energije (BHEE) uvrščajo tudi EV V2G s pripadajočo opremo za napajanje EV V2G.

NC DC 2.0 podaja nova pravila za priključitev na omrežje za TČ, P2G in EV V1G s pripadajočo opremo za napajanje EV V1G.

Ključne besede: EES, OVE, EM, MPP, SPEM, Tretji energetska zakonodajni sveženj, Četrti energetska zakonodajni sveženj, Čista energija za vse Evropejce, Uredba 2016/631, NC RfG, NC RfG 2.0, Uredba 2016/1388, NC DC, NC DC 2.0, Direktiva 2019/944, Uredba 2019/943, ČHE, BHEE, TČ, P2G, EV V1G, EV V2G, sončne elektrarne, SE, vetrne elektrarne, VE, ENTSO-E.

1 UVOD

Liberalizacija notranjega trga z električno energijo (elektriko) in pospešen prehod v zeleno prihodnost spreminjata pokrajino elektroenergetskega sistema (EES), tj. način obratovanja in tehnične karakteristike EES.

2 PRETEKLOST, SEDANJOST

V zadnjih stotih letih (tj. v 20. stoletju) je razvoj EES temeljil na konceptu samozadostnosti posameznih nacionalnih EES, kjer je proizvodnja elektrike znotraj posamezne države sledila dnevni diagramu porabe. Proizvodnja elektrike je bila zasnovana na velikih konvencionalnih proizvodnih virih (termo elektrarnah, nuklearnih elektrarnah, hidro elektrarnah, plinskih elektrarnah), ki so same po sebi (inherentno) zagotavljale odpornosti na motnje in s tem tudi celotnega EES. Medsebojne povezave z EES sosednjih držav (interkonekcije) so imele namen zagotavljanja večje robustnosti EES (odpornosti na motnje) in podporo stabilnosti EES v primeru velikih motenj ali kot pomoč ob pomanjkanju energije.

V zadnjih letih so EES zaradi integracije obnovljivih virov energije, kot so sončne fotonapetostne elektrarne (SE) in vetrne elektrarne (VE), doživeli velike spremembe. Pretvorniki na osnovi močnostne elektronike predstavljajo ključni vmesni element pretvorbe energije, ki zagotavlja prožnost na strani proizvodnje, prenosa in distribucije elektrike. SE in VE¹ se uvrščajo med obnovljive vire energije, ki temeljijo na polprevodniških pretvornikih (OVEPP), njihova dinamika pa se bistveno razlikuje od konvencionalnih proizvodnih virov s sinhronskimi generatorji (SG). Za razliko od konvencionalnih proizvodnih virov s sinhronskimi generatorji, kjer je odziv na motnje v omrežju bolj ali manj konstrukcijsko pogojen in predvidljiv², je dinamični odziv OVEPP, katerega osnovna platforma predstavlja polprevodniški pretvornik (»hardware«), v celoti odvisen³ od regulacijskih algoritmov in regulacijskih zank s hitrimi odzivnimi časi⁴ - programske kode (»software«), ki je poslovna skrivnost proizvajalca opreme. Odziv posameznih proizvodov OVEPP je v celoti odvisen od razumevanja zahtev za priključitev na omrežje⁵ s strani proizvajalca opreme in njegovega zapisa programske kode. S prehodom proizvodnje iz velikih regulabilnih konvencionalnih virov, ki so bili večinoma centralizirani (npr. TE z več bloki), na veliko število razpršenih OVEPP, katerih proizvodnja je vremensko pogojena, se spreminjajo karakteristike (dinamika) EES kot celote.

Z uvedbo notranjega trga z elektriko (kot del liberalizacije trga s plinom in elektriko⁶) je postal EES »platforma« za trgovanje z elektriko⁷, kjer se prenaša elektrika preko velikih geografskih razdalj. Postopno liberalizacijo energetskega trga so omogočali prvi trije energijski svežnji zakonodaje (prvi energetski paket sprejet med letoma 1996 in 1998, drugi energetski paket sprejet leta 2003, tretji energetski paket sprejet leta 2009). Sledila sta še dva energijska svežnja zakonodaje (četrti energetski paket znan kot „Čista energija za vse Evropejce“ sprejet leta 2019 in peti energetski paket znan kot „Pripravljeni za 55“ sprejet leta 2024), ki naslavljata pravila za pospešeni prehod v brezogljično družbo do leta 2050 [1].

1 VE tipa 1 (asinhronski generator (AG) direktno priključen na omrežje brez polprevodniškega pretvornika), VE tipa 2 (AG s spremenljivo upornostjo rotorskega navitja, direktno priključen na omrežje brez polprevodniškega pretvornika) in VE tipa 5 (pogonski sklop s spremenljivo hitrostjo povezan preko hidrostatičnega pretvornika navora/hitrosti na SG, direktno priključen na omrežje brez polprevodniškega pretvornika) se uvrščajo med OVE, vendar ne med vire na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP*). Število navedenih tipov VE (tipa 1, 2, 5) priključenih na omrežje je zanemarljivo.

Vir na osnovi polprevodniških pretvornikov (VOPP) (angl. *Inverter-Based Resource - IBR*): je vir (ali ponor v primeru polnjenja baterijskega hranilnika električne energije – BHEE (angl. *Battery Energy Storage System - BESS*)) električne energije, ki je priključen na EES (prenosni ali distribucijski sistem), in je sestavljen iz ene ali več enot IBR, ki obratujejo kot en sam vir na skupni točki priključitve na omrežje. IBR vključujejo sončne fotonapetostne elektrarne (angl. *solar photovoltaic*), VE tipa 3 in VE tipa 4, BHEE in gorivne celice. VOPP spadajo med ne-sinhrono obratujoče generatorje. Posamezne definicije med VOPP uvrščajo še HVDC sisteme in FACTS naprave.

2 Gre za delno poenostavitev, saj je odziv konvencionalnih virov na posamezne motnje v EES (npr. kotna stabilnost na majhne motnje) odvisen tudi od nastavitve parametrov regulacijskih sistemov SG in karakteristike EES.

3 Gre za delno poenostavitev. Odziv OVEPP na okvare v omrežju (kratek stik) je omejen s termičnimi limitami pretvornika ter pri vetrnih turbinah tudi s konstrukcijskimi mehanskimi omejitvami. Za razliko od SG lahko močnostni pretvorniki prenesajo le majhen nadtok (nekaj odstotkov lastnega nazivnega toka). SG ob okvarah v omrežju lahko kratkotrajno generira tok kratkega stika velikosti 5 p.u. - 10 p.u., medtem ko je tok VOPP omejen na vrednost kratkostičnega toka 1 p.u. - 1,55 p.u., oz. 2 p.u. (v trajanju največ 1 ms) [4], [5]. Za namen termične zaščite polprevodnikov pred poškodbami, ki jih povzročajo nadtokovi, so razvite strategije omejevanja toka, ki so integrirane v algoritem regulacije močnostnega pretvornika. Algoritem preprečuje, da bi tok presegel termično mejo, hkrati pa določa obnašanje VOPP na točki priključitve na omrežje (ali kot tokovni vir ali kot vir napetosti).

4 Npr. PLL in notranje tokovne regulacijske zanke.

5 Zahteve za priključitev na omrežje predpisujejo minimalne zmogljivosti in funkcionalnosti uporabnikov omrežja na točki priključitve na omrežje. Zahteve za priključitev na omrežje so znotraj ENTSO-E območja harmonizirane (izčrpano podane zahteve), medtem ko se posamezne zahteve v drugih državah sveta razlikujejo od ENTSO-E zahtev.

6 Liberalizacija trgov s plinom in elektriko temelji na 114. členu in 194. členu *Pogodbe o delovanju Evropske unije*.

7 S trgovanjem z elektriko so se na prenosnem omrežju začeli pojavljati fizični pretoki energije, ki ne sledijo komercialnim izmenjavam med deležniki, t.i. krožni pretoki. Krožni pretoki lahko:

- vodijo do preobremenitve in posledično do izklopa preobremenjenih elementov EES, energija se prenese na »vzporedne prenosne poti« in če se le-te preobremenijo lahko pride do verižnega (kaskadnega) izklopa posameznih preobremenjenih elementov ter delnega ali popolnega razpada EES;
- vplivajo na stabilnost ESS zaradi »velikega« prenosa energije na dolgih razdaljah preko relativno »šibkih« prenosnih poti.

Današnji konvencionalni EES je zasnovan za stabilno obratovanje, ko ni presežena meja penetracije močnostne elektronike 65 %⁸. Meja penetracije močnostne elektronike podaja penetracijo VOPP, ki so v obratovanju v danem trenutku, in ko je le-ta presežena se pojavijo težave EES s stabilnostjo kot posledica:

- interakcij med regulacijskimi sistemi VOPP;
- zmanjšanja skupne vztrajnosti (v) EES, kot posledica pomanjkanja rotirajočih mas;
- omejenega prispevka k tokovom kratkega stika s strani VOPP med okvarami v EES (predvsem, ko je šibka moč omrežja⁹, tj. pod vrednostjo SCR¹⁰ < 3). VOPP imajo tokovno omejene zmogljivosti kar posledično vpliva na obstoječe zaščitne sheme, ki temeljijo na prispevku k kratkostičnemu toku s strani konvencionalnih virov (SG).

3 NOVA EVROPSKA PRAVILA ZA PRIKLJUČITEV NA OMREŽJE IN PREHOD V ZELENO PRIHODNOST

Z »upokojitvijo« konvencionalnih virov (SG), ki zagotavljajo robustnost in stabilnost EES, se izgubljajo inherentne karakteristike preteklega EES, s tem pa se zmanjšuje odpornost EES na motnje, kar lahko privede do izgube stabilnosti EES in posledično do delnega ali popolnega razpada EES. Z namenom zagotavljanja visoke zanesljivosti obratovanja EES, se je z novimi pravili¹¹ za priključitev na omrežje (kodeksi omrežja¹² objavljenimi v letu 2016) del zmogljivosti, ki so jih v preteklosti zagotavljali konvencionalni vir, prenesel na OVEPP. Pravno podlago kodeksom omrežja daje *Uredba (ES) št. 714/2009* [2], ki je sestavni del *Tretjega energetskega zakonodajnega svežnja*¹³. Zahteve podane v pravilih za priključitev uporabnikov¹⁴ na omrežje (angl. *Connection Network Codes – CNC*) določajo minimalne tehnične zmogljivosti in funkcionalnosti za uporabnike EES, da se zagotovi stabilno obratovanje EES do indikativne meje penetracije močnostne elektronike 65 %.

Vedno višjim političnim ciljem razogljičenja družbe¹⁵ sledi povečanje deleža energije v bruto rabi končne energije iz obnovljivih virov¹⁶ (na letnem nivoju), kar se v posameznih urah znotraj leta odraža kot preseganje mejne vrednosti penetracije močnostne elektronike, s tem pa ogrožanje stabilnega obratovanja EES. Integracija SE¹⁷ in VE¹⁸ v omrežje ENTSO-E se bo do leta 2030, glede na leto 2022, podvojila. Pospešenemu preoblikovanju načina proizvodnje električne energije iz OVE, ki je vremensko pogojena, sledijo potrebe po povečanju prožnosti na strani odjema kot tudi potrebe EES po uvedbi dodatnih zahtev za priključitev »novih« uporabnikov omrežja s ciljem ohranitve stabilnosti EES. Tako se v prihodnosti pričakuje sprememba karakteristik EES kot posledica sprememb na strani proizvodnje in na strani odjema, tj. s priključitvijo velikega števila TČ, EV, P2G, BHEE.

8 Meja penetracije 65 % predstavlja indikativno mejo, saj je stabilnost obratovanja pogojena z močjo omrežja (angl. *system strength*) v dani točki priključitve VOPP na omrežje, razporeditvijo proizvodnih virov v omrežju in zmogljivostmi ter funkcionalnostmi (načina regulacije) VOPP. VOPP so lahko tipa oblikovanja napetosti (angl. *Grid-forming Inverter-based Resource*) [6] ali VOPP tipa sledenja omrežni napetosti (angl. *Grid-following Inverter-based Resource*) [7]. Obstoječ način regulacije VOPP je tipa sledenja omrežni napetosti, tj. regulacije, ki zagotavljajo (delavno in) jalovo moč z injiciranjem tokov v električno omrežje pod napetostjo (obnašanje kot tokovni vir).

Indikativna meja penetracije VOPP predstavlja razmerje pretoka (proizvedene) delovne moči preko močnostne elektronike glede na celotno delavno moč (proizvodnje) v danem trenutku, in je rezultat analize za sinhrono območje Velike Britanije [8] in za sinhrono območje Irske in Severne Irske [9].

9 Moč omrežja (angl. *system strength*) predstavlja merilo občutljivosti omrežja na motnje v omrežju. Kot indikativno merilo moči sistema se pogosto uporablja indeks razmerja kratkega stika (angl. *Short Circuit Ratio - SCR*), ki meri kako močno je omrežje v dani točki (točki priključitve na omrežje / zbiralki / vozlišču). Učinek vpliva motenj na napetost in druge spremenljivke sistema se zmanjšuje z večanjem moči sistema [10].

10 Razmerje kratkega stika (SCR) je pogosto uporabljena metrika za kvantifikacijo relativne impedance EES, gledano iz točke priključitve na omrežje. SCR, ki ga zazna EM, močno vpliva na njegovo sposobnost (zadovoljivega) obratovanja, tako v stacionarnem stanju kot ob motnjah v EES. SCR metrika predstavlja zelo zmogljiv in preprost koncept razširjen za uporabo na »skupno« impedance, ki jo vidi več elektroenergijskih enot priključenih v istem delu omrežja [11].

11 Nova pravila veljajo na ENTSO-E območju, tj. na celotnem območju Evrope, brez Belorusije in Rusije.

12 Kodeksi za priključitev na omrežje (angl. *Connection Network Codes – CNC*) so nova skupna harmonizirana pravila za priključitev uporabnikov na omrežje na celotnem ENTSO-E sistemu. CNC so: NC RfG [12], NC DC [13] in NC HVDC [14]. Zahteve iz CNC so se začele uporabljati po treh letih od objave, tj. 27. aprila 2019 za NC RfG, 18. avgust 2019 za NC DC in 8. september 2019 za NC HVDC.

13 Cilj *Tretjega energetskega zakonodajnega svežnja* je dokončno odprte in vzpostaviti notranjega trga z energijo.

14 Pod uporabnike sistema se smatra elektroenergijske module (EM), odjemne enote, odjemne objekte, distribucijske sisteme (DS), zaprte distribucijske sisteme (ZDS), HVDC sisteme, kot so opredeljeni v NC RfG, NC DC, NC HVDC.

15 Čista energija za vse Evropejce (angl. *Clean energy for all Europeans package*) [15], [16] predstavlja sveženj zakonodaje, ki bo pomagal razogljičiti energetskega sistema EU v skladu s cilji *Evropskega zelenega dogovora* (angl. *European Green Deal*) [17]. Cilj *Evropskega zelenega dogovora* je preobraziti EU v družbo, ki v letu 2050 ne bo ustvarjala nobenih neto emisij toplogrednih plinov in do leta 2030 zmanjšati neto emisije toplogrednih plinov na najmanj 50 % in na okoli 55 % glede na raven iz leta 1990.

16 Predpisan delež energije iz OVE v bruto končni porabi energije se je v zadnjih desetih letih povečeval iz 20 % na 25 % (trenutna predpisana vrednost 25 % zavezujočega nacionalnega ciljnega deleža OVE po *Direktivi 2009/28/ES* [18]). Cilj za leto 2030 se je povečal iz 32 % (zavezujoč skupni cilj Unije za leto 2030 določen v letu 2018, *Renewable Energy Directive 2018/2001/EU* [19]) na 42,5 % s prizadevanjem na 45 % (nov zavezujoč cilj za leto 2030 določen leta 2023, *Revised Directive EU/2023/2413* [20] kot del petega energetskega paketa znan kot „Pripravljeni za 55“). V primeru nedoseganja zavezujočega nacionalnega cilja deleža OVE mora Slovenija manjkajočo proizvodnjo iz OVE »dokupiti« [21].

17 Povečanje inštalirane moči sončnih fotonapetostnih sistemov se bo povečalo iz 260 GW [22] v letu 2023, na skoraj 600 GW [23] v letu 2030.

18 Povečanje inštalirane moči vetrnih elektrarn se bo povečalo iz 221 GW [24] v letu 2023, na več kot 500 GW [25] v letu 2030.

Četrty energetski zakonodajni sveženj¹⁹ naslavlja ključne elemente oblikovanja trga električne energije prihodnosti, ki je zasnovan tako, da spodbuja prehod na čisto energijo. Cilj prenove CNC 2.0 je obratovanje EES prihodnosti nad mejo penetracije močnostne elektronike 65 % do vrednosti 100 %.

ACER je utemeljen predlog sprememb prenovljenega NC RfG 2.0 in NC DC 2.0 predložil [3] na evropsko komisijo decembra 2023. Predvidoma bosta kodeksa, po javni obravnavi, objavljena v prvi polovici leta 2025.

3.1 NC RfG 2.0

Prenovljena pravila v NC RfG 2.0²⁰ podajajo minimalne zahteve po zmogljivostih (karakteristikah) obstoječih (EM²¹, ČHE²²) kot tudi novih uporabnikov (hranilniki električne energije: MSE, EV V2G), ki doprinesejo k ohranitvi stabilnosti EES in podpori EES ob motnjah v EES, to so:

- a) prenovljena pravila za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje: EM, EM vgrajeni v omrežja na industrijskih lokacijah in ČHE;
- b) nova pravila za hranilnike električne energije, tj. za module za shranjevanje električne energije (MSE²³).

BHEE se glede na definicijo v NC RfG 2.0 uvrščajo med MSE (podrazred MPP²⁴), ČHE pa so izvzete iz MSE. NC RfG 2.0 loči električna vozila z dvosmerno izmenjavo električne energije s pripadajočo opremo za napajanje EV V2G (EV V2G s PON) na sledeče tipe:

- tip EV1: so EV V2G s PON največje zmogljivosti večje ali enake 0,8 kW in nižje od 2,4 kW,
- tip EV2: so EV V2G s PON največje zmogljivosti večje ali enake 2,4 kW in nižje od 50 kW,
- tip EV3: so EV V2G s PON največje zmogljivosti večje ali enake 50 kW in nižje od 1 MW.

Pri električnih polnilnih parkih za električna vozila EV V2G s PON se njihova zmogljivost ne združuje za namen določanja pomembnosti.

3.2 NC DC 2.0

Prenovljena pravila v NC DC 2.0²⁵ podajajo minimalne zahteve po zmogljivostih (karakteristikah) »novih« uporabnikov (TČ, P2G, EV V1G s PON), ki doprinesejo k ohranitvi stabilnosti EES in podpori EES ob motnjah v EES, to so:

- a) dopolnjene splošne zahteve za odjemne objekte priključene na prenosni sistem in distribucijski sistem (sprememba zahtev glede kratkega stika, zahteve glede jalove moči, simulacijskih modelov, postopek za pridobitev obvestila o odobritvi);
- b) nova pravila za priključitev na omrežje za TČ, P2G in EV V1G s PON, ki doprinesejo k ohranitvi frekvenčne stabilnosti EES.

4 ZAKLJUČKI

Obnovljivi viri na osnovi polprevodniških pretvornikov (OVEPP) imajo dinamiko, ki se bistveno razlikuje od tistih virov, ki temeljijo na sinhronskih generatorjih. Z rastjo prodora OVEPP se dinamika elektroenergetskih sistemov (EES) močno spreminja.

V predlogu kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (NC RfG 2.0) so podana prenovljena pravila za proizvajalce električne energije, tj. za elektroenergijske module (EM) in črpalne hidroelektrarne (ČHE), in nova pravila za hranilnike električne energije (t.i. module za shranjevanje električne energije - MSE), med katere se poleg baterijskih hranilnikov električne energije (BHEE) uvrščajo tudi električna

¹⁹ Del zakonodajnega svežnja sta *Direktiva 2019/944* [26] in *Uredba 2019/943* [27]. *Uredba 2019/943* podaja zakonsko podlago za prenovo pravil CNC.

²⁰ Prenovljena pravila v NC RfG 2.0 [28] so bila decembra 2023 s strani ACER predložena na evropsko komisijo.

²¹ NC RfG: „elektroenergijski modul“ pomeni sinhronsko povezani elektroenergijski modul (SPem) ali modul v proizvodnem polju (MPP).

²² NC RfG: „črpalna elektrarna“ pomeni hidroelektrično enoto, v kateri se voda s črpalkami dvigne in skladišči za uporabo pri proizvodnji električne energije.

²³ Osnutek NC RfG 2.0: „modul za shranjevanje električne energije“ ali „MSE“ pomeni sinhronsko povezan elektroenergijski modul ali modul v proizvodnem polju, ki lahko vnaša (injicira) in porablja delovno moč v omrežje in iz njega za shranjevanje električne energije, razen modulov za proizvodnjo električne energije s črpalkami. Električno vozilo V2G in pripadajoča oprema za napajanje električnih vozil V2G z dvosmerno funkcionalnostjo se štejeta za modul za shranjevanje električne energije, vendar se razlikuje za različne zahteve in postopke priključitve, če je njegova največja zmogljivost manjša od 1 MW.

²⁴ Osnutek NC RfG 2.0: „modul v proizvodnem polju“ (MPP) pomeni enoto ali sklop enot, ki lahko proizvajajo električno energijo in ni SPem, ta enota ali sklop pa je na omrežje priključena asinhronsko ali z močnostno elektroniko ter ima eno priključno točko na prenosno omrežje, distribucijsko omrežje, vključno z zaprtim distribucijskim omrežjem, ali visokonapetostni sistem prenosa z enosmernim tokom.

²⁵ Prenovljena pravila v NC DC 2.0 [29] so bila decembra 2023 s strani ACER predložena na evropsko komisijo.

vozila z dvosmerno izmenjavo električne energije s pripadajočo opremo za napajanje (EV V2G s PON).

V predlogu kodeksa omrežja za priključitev odjemalcev na omrežje (NC DC 2.0) so podana nova pravila za toplotne črpalke (TČ), odjemne enote za pretvorbo elektrike v plin (P2G) in električna vozila z enosmernim odjemom električne energije s pripadajočo opremo za napajanje (EV V1G s PON).

Prenovljena pravila (kodeksi) za priključitev na omrežje predstavljajo eno ključnih dolgoročnih rešitev za zagotovitev zanesljivosti, ekonomičnosti in stabilnosti obratovanje EES prihodnosti.

5 REFERENCE

- [1] Internal energy market | Fact Sheets on the European Union | European Parliament (europa.eu)
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/45/internal-energy-market>
 Internal energy market (europa.eu)
https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/en/FTU_2.1.9.pdf
- [2] Uredba (ES) št. 714/2009 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. julija 2009 o pogojih za dostop do omrežja za čezmejne izmenjave električne energije in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 1228/2003 (Besedilo velja za EGP)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0714>
- [3] RECOMMENDATION No 03/2023 OF THE EUROPEAN UNION AGENCY FOR THE COOPERATION OF ENERGY REGULATORS of 19 December 2023
https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations/ACER_Recommendation_03-2023_NC_RfG_DC.pdf
<https://www.acer.europa.eu/electricity/connection-codes>
- [4] Nasser Tleis: Power Systems Modelling and Fault Analysis -Theory and Practice, Second Edition, 2019, Elsevier
- [5] Md Ohirul Qays et al: System strength shortfall challenges for renewable energy-based power systems: A review, 2023, Renewable and Sustainable Energy Reviews 183 (2023) 113447
[System strength shortfall challenges for renewable energy-based power systems: A review \(sciencedirect.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364026723001134)
- [6] Grid-Forming Inverter Controls | Grid Modernization | NREL
<https://www.nrel.gov/grid/grid-forming-inverter-controls.html>
- [7] WEBINAR: Understanding of Grid-Forming Control for Inverter-Based Resources: Theory and Practice
<https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahU-KEwjRmuiE6M6IAxVZ2QIHf01A5AQwqsBegQIExAF&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D6VOW3m9IJ6A&usg=AOvVaw32p0BiAwgvKn4j8Jlg71RD&opi=89978449>
- [8] Helge Urdal, Richard Ierna, Jiebei Zhu, Chavdar Ivanov, Amir Dahresobh, Djaved Rostom: System strength considerations in a converterdominated power system, 2015
<https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2014.0199>
- [9] MIGRATE
https://www.eles.si/Portals/0/MEDNARODNI%20PROJEKTI/MIGRATE/19109_MIGRATE-Brosura.pdf
- [10] System Strength, March 2020, System strength in the NEM explained
<https://aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/system-strength-explained.pdf>
- [11] CIGRE SCIENCE &ENGINEERING, Volume No.20, February 2021, Innovation in the Power Systems Industry, Towards System Strength
- [12] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/631 z dne 14. aprila 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (Besedilo velja za EGP)
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2016_112_R_0001
- [13] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/1388 z dne 17. avgusta 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za priključitev odjemalcev (Besedilo velja za EGP)
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.223.01.0010.01.ENG&-toc=OJ:L:2016:223:TOC

- [14] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/1447 z dne 26. avgusta 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev visokonapetostnih sistemov prenosa z enosmernim tokom in modulov v proizvodnem polju, priključenih na enosmerni tok, na omrežje (Besedilo velja za EGP)
<http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/1447/oj>
- [15] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, EVROPSKEMU SVETU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ, Evropski zeleni dogovor, Bruselj, 11.12.2019 COM(2019) 640 final
https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0015.02/DOC_1&format=PDF
- [16] Clean energy for all Europeans package
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy_en
- [17] The European Green Deal
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [18] Direktiva 2009/28/ES
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>
- [19] Renewable Energy Directive 2018/2001/EU
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
- [20] Revised Directive EU/2023/2413
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>
- [21] ARSO,
<https://kazalci.arso.gov.si/index.php/sl/content/delez-obnovljivih-virov-v-bruto-koncni-rabi-energije-6>,
 datum zadnje osvežitve 09.02.2024
- [22] Solar energy
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en
- [23] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ Strategija EU za sončno energijo, 18.5.2022
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:52022DC0221>
- [24] EU wind energy, EU wind energy (europa.eu),
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/eu-wind-energy_en
- [25] SPOROČILO KOMISIJE EVROPSKEMU PARLAMENTU, SVETU, EVROPSKEMU EKONOMSKO-SOCIALNEMU ODBORU IN ODBORU REGIJ Evropski akcijski načrt za vetrno energijo, 24.10.2023;
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0669>
- [26] DIREKTIVA (EU) 2019/944 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 5. junija 2019 o skupnih pravilih notranjega trga električne energije in spremembi Direktive 2012/27/EU (prenovitev) (Besedilo velja za EGP) Direktiva 2019/944 o skupnih pravilih notranjega trga električne energije
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>
- [27] UREDBA (EU) 2019/943 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 5. junija 2019 o notranjem trgu električne energije (prenovitev) (Besedilo velja za EGP)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0943>
- [28] Annex 1a – Amended RfG Regulation TC compared to the current Regulation
https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_1a_NC_RfG_TC_to_original.pdf
- [29] Annex 2a – Amended DC Regulation TC compared to the current Regulation
https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_2a_NC_DC_TC_to_original.pdf

Pregled in analiza organizacijskih shem in upravljanja s kadri za Jedrsko elektrarno Krško 2

Jan Kuhar, Boris Vovčko in Tomaž Ploj
Gen energija d.o.o., Krško, Slovenija

Kontaktna oseba:
Jan Kuhar
Gen energija d.o.o.
E-pošta: jan.kuhar@gen-energija.si

Povzetek:

Namen prispevka je predstaviti teorijo uspešne organizacijske sheme, analizirati primere dobrih praks kadrovskega organiziranja jedrskih elektrarn po svetu ter oceniti njihovo uporabnost za načrtovanje projekta JEK2, ki je za Slovenijo ključen pri doseganju cilja nevtralnega in razogljičenega elektroenergetskega sistema.

S tem namenom smo pregledali organizacijske sheme jedrskih elektrarn iz Turčije, Madžarske, Brazilije, Južne Koreje, Slovaške in Slovenije ter ocenili njihovo uporabnost za JEK2. Analizirali smo že pripravljeno shemo JEK2 in predlagali izboljšave na podlagi analiziranih praks ter se osredotočili na upravljanje s kadri. Ugotavljamo, da bo ključno sodelovanje med različnimi deležniki, še posebej pa bo potrebna prilagoditev izobraževalnih programov za pridobivanje in usposabljanje trenutno številčno pomanjkljivega potrebnega kadra, s čimer bomo zadovoljili potrebam idealne organizacijske sheme.

Ključne besede: organizacijska shema, upravljanje s kadri, jedrske elektrarne, Jedrska elektrarna Krško 2

1 UVOD IN TEORETIČNI OKVIR

Dobro zasnovana organizacijska struktura je ključna za doseganje skupnih ciljev, saj določa razdelitev in usklajevanje nalog znotraj organizacije, izboljšuje komunikacijo, zmanjšuje nesporazume in olajša upravljanje sprememb [1]. Organizacijska shema, med katerimi poznamo enostavno, funkcionalno, produktno, projektno in druge, mora biti prilagojena specifičnim potrebam organizacije in temeljiti na teoriji ter najboljših praksah [2]. Pri jedrski energiji pa je uspeh sploh močno odvisen od dobrega načrtovanja ter zaposlovanja usposobljenih strokovnjakov, kar zagotavlja varno in učinkovito delovanje [3]. Zato IAEA jasno poudarja načela za dobro strukturiranje dela znotraj jedrskih elektrarn, kjer izpostavlja jasno odgovornost, usklajenost z vizijo, učinkovita organizacija dela, navzkrižno usposabljanje, minimalne ravni vodenja, prilagodljivost, razvoj zaposlenih, učinkovito upravljanje s kadri in proaktivne strategije [4]. Vse to velja tudi za največji gradbeni projekt v Republiki Sloveniji (RS), in sicer jedrsko elektrarno Krško 2 (JEK2), ki ga načrtuje podjetje GEN Energija d. o. o.

Namen prispevka je predstaviti teorijo uspešne organizacijske strukture, analizirati primere dobrih praks jedrskih elektrarn po svetu ter oceniti njihovo uporabnost za JEK2. Poleg tega bodo podani predlogi za izboljšavo obstoječe organizacijske sheme, temelječi na tujih in domačih izkušnjah ter potrebah po novih kadrih.

2 REZULTATI

2.1 Ocena organizacijskih shem v jedrskih elektrarnah po svetu in drugih slovenskih podjetjih ali projektih v gradnji

Pregledali smo organizacijske strukture jedrskih elektrarn v Turčiji, na Madžarskem, v Braziliji, Južni Koreji, na Slovaškem in v RS [3] ter ugotovili, da različne države uporabljajo različne pristope. Večina sledi modelu funkcionalne strukture, razen Brazilije, ki uporablja produktno strukturo. Skupni elementi vključujejo jasne odgovornosti in vloge pri upravljanju projektov, vendar se razporeditev oddelkov in služb razlikuje, večino elektrarn pa pri načrtovanju sheme vključuje različne deležnike, ki so ključni za uspeh podjetja.

Za potrebe vključitve nacionalnih posebnosti pri načrtovanju organizacijske sheme, smo vključili tudi več slovenskih podjetij, ki so uspešno vodili pomembne projekte ali projekte v gradnji. Pri tem smo ugotovili, da je organizacijska struktura TEŠ pri gradnji bloka šest temeljila na funkcionalni strukturi, 2TDK je za gradnjo drugega tira imela mrežno, DRI in DARS pa matrično strukturo [3].

3 RAZPRAVA

Poglavje evalvira že pripravljeno shemo JEK2 s strani podjetja GEN Energija d. o. o., ponuja posodobljeno shemo na podlagi najboljših praks iz drugih jedrskih elektrarn in slovenskih projektov, ter izpostavlja idealen primer nadaljnega kadrovanja za uspešno izvedbo projekta.

3.1 Začetna in posodobljena organizacijska shema ter upravljanje s kadri za JEK2

Za JEK2 je priporočena funkcionalna organizacijska struktura, podobna večini jedrskih elektrarn po svetu. Na vrhu začetne sheme je direktor projekta ali projektni vodja, spodaj pa so službe licenciranja, načrtovanja, inženiringa, financ, logistike, kakovosti in IT, ki obravnavajo specifične vidike projekta. Vendar pa ta shema ne vključuje več ključnih deležnikov, ki so ključnega pomena v fazi gradnje. Zato smo začetno shemo razširili in prilagodili ter kot ključne akterje dodali RS, GEN Energija d.o.o., nadzorne organe in odbore različnih institucij, kot so EU, IAEA in URSJV ter ostale. Seveda pa ta shema ni končna, saj se mora nadalje prilagajati glede na fazo projekta.

IAEA ocenjuje, da je za elektrarno z močjo 2200 MW potrebnih približno 2400 zaposlenih [4], poročilo WANO pa podrobneje navaja potrebe po kadrih glede na fazo projekta [2]. Tudi Poljska, Finska in Češka [3], načrtujejo znatno zaposlovanje novih kadrov, pri čemer se osredotočajo na posodobitev izobraževalnih programov, s čimer želijo pridobiti nove ustrezno usposobljene kadre. Za JEK2 bo potrebno približno 160 novo zaposlenih do leta 2028, ob zaključku projekta 2039 pa naj bi število znašalo 500 novo zaposlenih. Glede na ugotovljeno zaključujemo, da bodo potrebni različni profili kadrov, ki jih bo potrebno ustrezno izobraziti in usposobiti za projekt kot to izpostavljajo tudi druge analizirane države [3].

4 ZAKLJUČEK

Projekt JEK2 je ključnega pomena za zeleno energijo RS. Na podlagi analize organizacijskih shem jedrskih elektrarn po svetu in slovenskih gradbenih projektov, zaključujemo, da je najbolje vzpostaviti razširjeno funkcionalno organizacijsko strukturo za JEK2, ki bo vključevala več različnih deležnikov in bo nadalje prilagojena različnim fazam projekta. Ključno bo sodelovanje z izobraževalnimi ustanovami in ustrezna prilagoditev izobraževalnih programov, da se zagotovi potrebne kadre za uspešno izvedbo projekta in doseganje nacionalnih energetske ciljev.

5 REFERENCE

- [1] MUHA S. in MUHA R.: Organiziranost in organizacija dela, 2011.
- [2] FISHER R. In MOUTENOT L.: Roadmap to Operational Readiness, WANO, 2020.
- [3] KUHAR, J.: Pregled in analiza organizacijskih shem in upravljanja s kadri za JEK2, FE UM, 2024.
- [4] IAEA, The Operating Organization for Nuclear Power Plants, Vienna, 2020.

Analiza različnih tipov tehnologij stikališč za JEK2

Gregor Srpčič^{1,*}, Jan Lokar¹, Samo Fürst¹, Jurij Kurnik¹, Robert Bergant¹

¹ GEN energija d.o.o., Vrbina 17, 8270 Krško, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Gregor Srpčič

GEN energija d.o.o

E-pošta: gregor.srpacic@gen-energija.si

Ključne besede: elektroenergetsko omrežje, JEK2, stikališče, AIS, GIS

1 UVOD

Povpraševanje po električni energiji v Sloveniji, kot tudi globalno, se je skozi leta povečevalo. To dokazuje povečanje industrijske porabe in trend višje uporabe tako električne kot toplotne energije, kar posledično povečuje potrebo po novih virih električne energije. Pri izbiri vira energije so nizke emisije toplogrednih plinov (TGP) prednostna naloga, vir pa ne sme imeti škodljivih vplivov na okolje ali zdravje ljudi. Glede na te kriterije in potrebo po energetskem viru, ki bi lahko dolgoročno stabiliziral slovensko elektroenergetsko omrežje, je najprimernejša možnost gradnja nove jedrske elektrarne (JEK2). Z dolgoročne perspektive, glede na povpraševanje po električni energiji, vpliv na okolje in emisije TGP, jedrska tehnologija izstopa kot eden najčistejših virov energije. V bližini Krškega, v Vrbini, se razmišlja o gradnji nove, bolj napredne enote poleg obstoječe jedrske elektrarne. Priključitev te nove enote zahteva celovito nadgradnjo stikališča. [1]

Pred gradnjo nove jedrske elektrarne v Krškem je treba zagotoviti ustrezno evakuacijo električne energije, ki jo bo proizvedel JEK2. Trenutno so obstoječi 400 kV prenosni vodi premalo izkoriščeni, kar zagotavlja zadostno zmogljivost za evakuacijo energije, predvsem proti Ljubljani (Krško-Beričevo). Večji izziv predstavlja postavitve ustreznega stikališča, ki je omejeno tako s prostorskimi omejitvami kot s potrebno začetno naložbo. Trenutno se kažeta dve možnosti:

- Tehnična rešitev A: razširitev in integracija JEK2 v obstoječe 400/110 kV zračno izolirano stikališče (AIS),
- ali Tehnična rešitev B: gradnja novega 400 kV in 110 kV plinsko izoliranega stikališča (GIS). [2]

2 TEHNIČNA REŠITEV A

Tehnična rešitev A vključuje integracijo JEK2 na 400 kV napetostnem nivoju v obstoječe AIS stikališče in na 110 kV napetostnem nivoju v novo 110 kV GIS stikališče, ki je predvideno za izgradnjo zahodno od sedanjega 110 kV stikališča. Posledično ta možnost vključuje spremembe konfiguracije 400 kV in 110 kV daljnovodov, povezanih z RTP Vrbina, Krško. Ta varianta je izvedljiva samo za primer izgradnje bloka JEK2 z močjo do 1200 MVA. V primeru izgradnje večjega bloka (1400 MVA ali 1650 MVA) bi tehnološka infrastruktura prezasedla prostor obstoječega stikališča 400/110 kV, zaradi česar bi bila potrebna izgradnja novega stikališča 400/110 kV. [2]

3 TEHNIČNA REŠITEV B

GIS tehnologija postaja vse bolj razširjena v sodobni električni infrastrukturi, zlasti ko se pojavljajo posebni izzivi. Ti sistemi se običajno uporabljajo v okoljih, kjer obstajajo težave s prostorskimi omejitvami, oziroma kjer bi pridobitev zemljišča povzročila nesorazmerne stroške ali kjer bi zamenjava ali nadgradnja obstoječe opreme lahko povzročila znatne motnje v delovanju prenosnega elektro energetskega omrežja. [1], [2]

Izbira GIS tehnologije za gradnjo nove 400 kV transformatorske postaje temelji na tehnoloških in ekonomskih vidikih. Obnova obstoječe RTP Krško bi povzročila večje motnje v delovanju posameznih polij obstoječega stikališča, kar je v stikališču Krško neizvedljivo zaradi vpliva na delovanje Nuklearne elektrarne Krško (NEK) in tudi dela 400 kV prenosnega omrežja. [2]

Iz ekonomskega vidika je pomembno upoštevati, da bo v času načrtovane gradnje JEK2 zaradi izteka življenjske dobe potrebna zamenjava večjega dela 400 kV opreme v obstoječem stikališču. V primeru gradnje večjega bloka JEK2 (1400 MVA ali 1650 MVA) pa bi bila ne glede na to potrebna izgradnja nove 400 kV RTP Krško. [2]

Tehnična rešitev B predvideva izgradnjo novih 400 kV in 110 kV stikališč v GIS tehnologiji, na novi lokaciji vzhodno od dostopne ceste v NEK in severno od obstoječih parkirišč ob NEK. Predlagana lokacija za novo 400/110 kV stikališče in pripadajoče transformatorje je primerne velikosti za gradnjo na več mikro lokacijah in usmeritvah, odvisno od konfiguracije 400 kV in 110 kV daljnovodov (var. B1, B2 oz. B3). [2]



Slika 1: Variante postavitve stikališča (modra – Tehnična rešitev A, rdeča – variante Tehnične rešitve B)

4 REFERENCE

- [1] Terry Krieg, John Finn: »Substations«. CIGRE Green books. Springer Nature. 2019.
- [2] IBE, d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring: »Idejne rešitve (IDR)«, projektna dokumentacija Marec 2024.

Izkušnje in prenos znanja pri sodelovanju v mednarodnih strokovnih organizacijah

Uroš Kerin^{1,*}, Aljoša Deželak¹ in Saša Jamšek¹

¹ ELES, d.o.o., Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Uroš Kerin

ELES, d.o.o.

E-pošta: uros.kerin@eles.si

Povzetek:

Sodelovanje v strokovnih organizacijah v mednarodnem okolju predstavlja za družbo ELES ključne dostopne točke do virov informacij. V članku bodo predstavljene izkušnje in primeri sodelovanja strokovnjakov družbe ELES v nekaterih mednarodnih organizacijah, ki omogočajo mreženje in izmenjavo znanja ter izkušenj s področij, ki lahko vplivajo na ekonomske in družbene vidike oskrbe z električno energijo. Primeri takšnih organizacij so prostovoljna mednarodna inženirska združenja IEEE in CIGRE, poklicna združenja, kot na primer ENTSO-E, in nenazadnje profesionalne organizacije, kot na primer CEATI, ki podjetjem zagotavljajo dostop do najnovejših tehnoloških dognanj in izmenjavo znanj na podlagi članarin. Skupne študije in projekti omogočajo vpogled v najboljše prakse in razvoj skupnih rešitev za sodobne izzive. Omogočena so tudi skupna usposabljanja in izobraževanja.

Ključne besede: mednarodne organizacije, mednarodno sodelovanje, izmenjava izkušenj, usposabljanja

1 UVOD

Mednarodno sodelovanje je za regulirane dejavnosti ključnega pomena za primerjavo znotraj panoge elektrogospodarstva saj v domačem okolju nimajo neposredno primerljivih podjetij. Sodelovanje v različnih organizacijah omogoča širši pogled, mreženje in izmenjavo znanja ter izkušenj s področij, ki lahko vplivajo na ekonomske in družbene vidike oskrbe z električno energijo. Brez mednarodnega kontakta na strokovnem področju ne bi mogli zadovoljevati pričakovanj naših deležnikov.

2 IEEE

IEEE, Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike, je največja strokovna organizacija na svetu, ki združuje več kot 400.000 članov iz več kot 160 držav. Organizacija je bila ustanovljena leta 1963 z združitvijo dveh ameriških združenj in je od takrat postala vodilna globalna institucija za spodbujanje inovacij, tehničnih standardov in izobraževanja na področju elektrotehnike, elektronike, računalništva in s tem povezanih tehnologij.

IEEE Power & Energy Society (PES), kot ena najpomembnejših podskupin IEEE, ima osrednjo vlogo pri razvoju in napredku na področju elektroenergetskih sistemov. Njeno delo vključuje raziskave in standarde za prenos, distribucijo in proizvodnjo električne energije ter inovacije, kot so pametna omrežja in integracija obnovljivih virov.

Za družbo ELES je IEEE PES izjemno pomembna organizacija, saj omogoča dostop do strokovnih konferenc, publikacij in izmenjavo izkušenj s strokovnjaki z vsega sveta. Aktivno sodelovanje nam omogoča pridobivanje novih znanj o uveljavljenih tehnologijah in spoznanja o nekonvencionalnih tehnologijah ali inovacijah.

3 ENTSO-E

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) je ključna evropska organizacija, ki povezuje 40 operaterjev prenosnih elektroenergetskih sistemov iz 36 evropskih držav. Njena ustanovitev leta 2009 je pospešila integracijo evropskih elektroenergetskih trgov in zagotovila boljše sodelovanje med prenosnimi operaterji z namenom zagotavljanja zanesljive, varne in trajnostne oskrbe z električno energijo v Evropi. ENTSO-E igra vodilno vlogo pri koordinaciji razvoja čezmejnih prenosnih zmogljivosti, poenotenju tržnih pravil in spodbujanju vključevanja obnovljivih virov energije v evropsko energetska omrežje.

Sodelovanje z ENTSO-E je za evropske operaterje prenosnih omrežij bistveno, saj organizacija določa tehnične standarde in postopke, ki omogočajo usklajeno delovanje in integracijo energetskega sistema v vsej Evropi. Poleg tega je ENTSO-E ključno pri oblikovanju politik za čezmejno trgovanje z električno energijo ter zagotavljanju stabilnosti in odpornosti omrežij na širši evropski ravni. Tesno sodelovanje med operaterji izboljšuje zmogljivosti za prilagajanje dinamičnim spremembam v energetskega sektorja, vključno s prehodom na čistejša vira energije.

ENTSO-E se širi tudi preko meja Evropske unije. 13. decembra 2022 je bil podpisan dogovor o statusu opazovalca s TEİAŞ, turškim operaterjem prenosnega omrežja. 22. novembra 2023 se je ENTSO-E kot opazovalna članica pridružila Moldelectrica, moldavski operater prenosnega omrežja. Ključni mejnik je bil tudi vstop ukrajinskega operaterja Ukrenergo, ki je 1. januarja 2024 postal polnopravni član ENTSO-E, kar pomeni pomemben korak k večji integraciji ukrajinskega elektroenergetskega sistema z evropskim omrežjem.

4 CEATI

Profesionalna organizacija CEATI združuje strokovnjake iz področij proizvodnje električne energije, prenosa in distribucije. Ima več kot 150 članov iz različnih kontinentov [1]. Posebnost te organizacije je, da ponuja expertno znanje, omogoča mreženje, omogoča izvajanje skupnih R&D programov, nudi dostop do strokovno-tehničnih virov ter organizira spletna usposabljanja in izobraževanja. ELES že vrsto let sodeluje v dveh od mnogih specializiranih programov in sicer v:

- programu »Upravljanje s sredstvi v prenosu in distribuciji ter«
- programu »Naprave nadzemnih vodov«.

Aktivno sodelovanje omogoča našim članom oblikovanje programa dela. Na ta način so tudi izdelki in ponujene storitve zelo uporabne tudi za naše okolje. Največ koristimo izdelane študije, ki se sofinancirajo iz članarine in spletna izobraževanja. Prednost spletnih izobraževanj je ta, da so posneta in se lahko predvajajo kadarkoli in s tem premosti časovne razlike med udeleženci iz različnih časovnih pasov. Sodelovanje pri izmenjavi načinov dela nudi članom vpogled v najboljše prakse. ELES prispeva s predstavitvijo inovativnih rešitev, ki so zanimive za druge operaterje in hkrati izkorišča informacije s področij dela, kjer nismo tako napredni kot nekateri drugi operaterji po svetu.

V programu upravljanja s sredstvi sodelujemo v izvršnem odboru in neposredno vplivamo na oblikovanje programa dela in pri izbiri izvajalcev storitev. Kot eni redkih, ki smo certificirani po standardu ISO 55001, pomagamo ostalim z zgledom in rešitvami, ki jim lahko pomagajo na tej zahtevni poti.

5 ZAKLJUČKI

Sodelovanje družbe ELES v mednarodnih strokovnih organizacijah je izjemno pomembno zaradi globalne razsežnosti izzivov, s katerimi se soočamo. Elektroenergetski sektor postaja vse bolj medsebojno povezan, kar zahteva usklajen pristop k reševanju problemov. V takšnih organizacijah operaterji dobimo dostop do najboljših praks in inovacij z vsega sveta, kar nam omogoča izbiro pristopov, ki so najprimernejši za naše specifične okoliščine.

Različne organizacije ponujajo različne perspektive: ENTSO-E se osredotoča na usklajevanje evropskih energetskega sistema, kjer je čezmejno sodelovanje ključnega pomena, medtem ko CEATI in IEEE omogočata globalni pogled, ki vključuje izkušnje iz različnih geografskih regij, s čimer prinaša širši nabor rešitev.

Družba ELES z udeležbo v teh organizacijah ne le izboljšuje svojo tehnično usposobljenost, ampak tudi pridobiva izkušnje v mednarodnem okolju in sodelovanju, kar nam pomaga bolje razumeti raznolikost pristopov k reševanju problemov. S tem pridobimo širši vpogled v izzive energetskega sektorja in orodja za učinkovitejše prilagajanje lokalnim razmeram, hkrati pa ostajamo konkurenčni na globalni ravni.

Obeti trajnostnih goriv: Proces torefikacije in njegov okoljski vpliv

Maja Ivanovski^{1,*}, Darko Goričanec², Rudi Vončina¹ in Danijela Urbanc²

¹ Oddelek za okolje, Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Laboratorij za termoenenergetiko, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Maja Ivanovski¹

Oddelek za okolje, Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: maja.ivanovski@eimv.si

Povzetek: Zaradi izčrpavanja fosilnih goriv in tehnološkega napredka postajajo alternativna goriva vedno pomembnejša. Ena od obetavnih rešitev je torefikacija odpadne surove biomase, ki izboljšuje njene lastnosti in omogoča učinkovitejšo uporabo v industriji. V doktorski disertaciji (*zagovor april 2024, FKKT UM*) je bila obravnavana torefikacija različnih vrst odpadne biomase, značilnih za Slovenijo, kot so miskantus, hmeljevi ostanki, odpadni les, itd. Proces torefikacije običajno poteka pri temperaturah med 200 in 300 °C, v pol-inertni ali interni atmosferi. Rezultati eksperimentalnega dela so pokazali, da se s povišanjem temperature izboljšajo kurilne vrednosti in poveča vsebnost ogljika v vseh obravnavanih biomasah, medtem ko se zmanjša delež kisika in hlapljivih snovi. Torefikacija tako predstavlja obetavno metodo za pridobivanje trdnih biogoriv, čeprav so potrebne dodatne raziskave.

Ključne besede: torefikacija, OVE, biomasa, kurilna vrednost, miskantus

1 UVOD

Svet se že stoletja zanaša na fosilna goriva (premog, nafta, zemeljski plin) kot primarni vir energije za industrijo, proizvodnjo električne energije, ogrevanje in hlajenje ter kot gorivo prevoznih sredstev. Danes tako še zmeraj predstavljajo več kot 80 % skupne proizvodne energije [1], znanstveniki širom sveta pa so si enotnega mnenja, da so njihove zaloge omejene [2]. Za zagotavljanje naraščajočih potreb po energiji in z namenom čim manjšega obremenjevanja okolja v zadnjih letih vse bolj prihajajo v ospredje obnovljivi in okolju prijazni viri energije (OVE) ter razvoj novih zelenih tehnologij iz le-teh [3], [4].

Na svetovni ravni energija iz biomase (t. i. bioenergija) predstavlja največji vir energije, takoj za fosilnimi gorivi [6]. Za razliko od sončne in vetrne energije, ki se uporabljata izključno za proizvodnjo električne energije, je razvoj bioenergije namenjen proizvodnji biogoriv, ki se lahko uporabljajo za proizvodnjo toplote in električne energije ter v prometnem sektorju [7]. Z besedo »biomasa« označujemo snovi, ki so organskega oz. rastlinskega izvora in nastajajo v procesu fotosinteze [8]. To so čisti, obnovljivi in ogljično nevtralni materiali, za katere se predvideva, da se bo njihova uporaba za proizvodnjo toplote in energije do leta 2050 povečala še za od 25 % do 30 % skupne vrednosti [9], [10]. Trenutna proizvodnja biomase na svetovni ravni znaša 55,6 EJ na leto, pri čemer 85 % celotne biomase predstavlja lignocelulozna biomasa [11]. Kljub temu da obstajajo številne prednosti

¹ Celoten prispevek je del doktorske disertacije M. Ivanovski z naslovom *Proizvodnja trdnih biogoriv s procesom torefikacije in njihov vpliv na okolje*. Doktorska disertacija je v celoti dostopna na digitalni knjižnici Univerze v Mariboru.

uporabe biomase v industriji, njene specifično fizikalno-kemijske lastnosti vplivajo na slabšo kakovost končnih proizvodnih produktov. Zato so postopki predhodne obdelave vhodnih materialov pomembni za izboljšanje stanja končnih produktov.

Proces torefikacije predstavlja eno izmed termokemijskih pretvorbenih poti, ki lahko izboljša lastnosti surove biomase v smislu, da dobimo ekološko sprejemljiv energent. Končni produkt procesa torefikacije je material z visoko energijsko gostoto, ki je bolj drobljiv, hidrofoben, ima višjo kurilno vrednost v primerjavi s surovim materialom [12]–[14] in se lahko tako uporablja v nadaljnjih termokemijskih procesih, kot so sežig, uplinjanje ali utekočinjenje. Za končni produkt velja tudi, da povzroča manjše emisije v zrak [15].

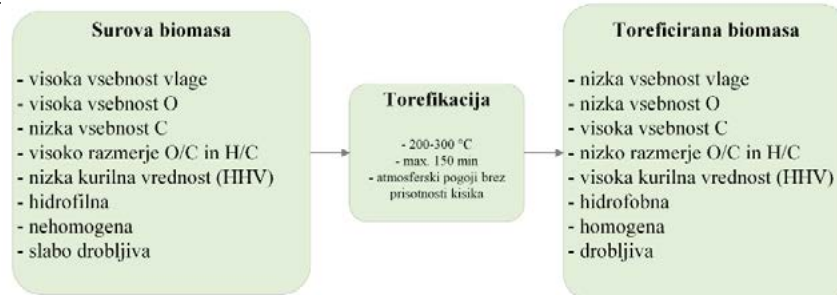
2 PROCES TOREFIKACIJE

Glavni cilj torefikacije je izboljšati lastnosti surove odpadne biomase, tako da dobimo produkt z večjo energijsko gostoto, boljšo drobljivostjo in nižjo vsebnostjo vlage. Osnovna definicija pravi, da je torefikacija termokemijski pretvorbeni proces, ki poteka v temperaturnem območju med 200 °C in 300 °C pogosto pod atmosferskim tlakom v odsotnosti kisika [7], [12], [16], [17]. Torefikacija je običajno prva stopnja priprave materiala, predpriprava materiala na nadaljnje pretvorbene procese, kot so piroliza, sežig, uplinjanje ali utekočinjanje. Preglednica 1 prikazuje primerjavo med torefikacijo in ostalimi termokemijskimi pretvorbenimi procesi [8].

Ko je surova biomasa izpostavljena zgoraj omenjenim kriterijem, dobimo končni produkt, ki je toreficiran (termično obdelan) in ima naslednje lastnosti: (i) manj vlage, (ii) manjšo vsebnost kisika, (iii) višjo vsebnost ogljika, (iv) izboljšano energijsko gostoto, (v) nižje razmerje O/C in H/C v primerjavi s surovo biomaso, (vi) je bolj drobljiv v primerjavi s surovo biomaso, (vii) hidrofoben, (viii) homogen, (ix) vsebuje manj mikrobov kot surova biomasa in (x) ima višjo kurilno vrednost (HHV) [18]. Kljub vsem pozitivnim učinkom torefikacije pa se sam proces sooča s predvsem dvema negativnima lastnostma: (i) visoki investicijski stroški pri postavitvi oz. vzpostavitvi tehnologije in (ii) bioplin, ki nastane kot stranski produkt, potrebuje končno obsežno čiščenje, ki prav tako povzroča visoke stroške [18]. Slika 1 prikazuje pretvorbo surove biomase v toreficirano biomaso

Preglednica 1: Termokemijski pretvorbeni procesi (vir: povzeto po delu Basu in drugi [8]).

Termokemijski pre-tvorbeni proces	Temperatura (°C)	Tlak (kPa)	Katalizator ²	Pred-sušenje
Utekočinjenje	250-330	5 000-20 000	potreben	ni potrebno
Torefikacija	200-300	100	ni potreben	potrebno
Piroliza	300-600	100-500	ni potreben	potrebno
Uplinjanje	500-1 300	100	ni potreben	potrebno
Sežig	700-1 400	100	ni potreben	ni potrebno



Slika 1: Lastnosti surove in toreficirane biomase (vir: lasten).

3 TOREFIKACIJA

Proces torefikacije je bil v eksperimentalnem delu doktorske disertacije izveden na tri različne načine na različnih vrstah lignocelulozne in ne-lignocelulozne biomase (miskantus, ostanki hmelja po žetvi, hrastov odpadni les, mešani odpadni les, blato iz komunalnih čistilnih naprav in mešani komunalni odpadki).

² Katalizatorji so kemijske snovi, ki vplivajo na potek kemijskih reakcij tako, da jih pospešujejo. V samo kemijsko reakcijo ne vstopajo in po poteku reakcij ostanejo nespremenjeni.

3.1 Pol-inertna atmosfera

Odpadna biomasa je bila toreficirana v električni horizontalni peči Bosio, tip EUP-K 6/1200, ki je sestavljena iz ogrevalne in regulacijske enote. Priključna moč peči znaša 2,7 kW. Ogrevalna enota je izdelana iz pločevine in prebarvana. Na zadnji steni peči je odprtina za odvod dimnih plinov in nastajajočih par. Regulacijska enota je nameščena pod ogrevalno enoto in je sestavljena iz digitalnega programa temperature in opreme za vklop in izklop električne moči peči. Podroben opis industrijske peči Bosio je v Józwiak in drugi [19].

Do 50 g vsakega vzorca smo natehtali v okrogel keramični lonček in položili na sredino električne peči (masa vsakega vzorca, danega v lonček, se je razlikovala glede na vrsto vzorca in kapaciteto samega lončka). Vrste lignocelulozne biomase so bile nato termično obdelane pri različnih temperaturah: 200 °C, 250 °C, 300 °C, zadrževalni čas je znašal 90 minut. Neodvisno od prvega eksperimenta so bili nadaljnji odpadni vzorci termično obdelani pri 250 °C, 300 °C in 350 °C s časom zadrževanja 30 minut oz. 60 minut. V eksperimentih je bila zagotovljena pol-inertna atmosfera. Pol-inertna atmosfera je bila izbrana, da se zagotovi, da v peči ni gorenja. Pokrov je bil nameščen na keramične lončke tako, da so lahko izhajali nastajajoči dimni plini skupaj z vodno paro. Po torefikaciji so bili keramični lončki vzeti iz peči in ohlajeni v eksikatorjih. Surovi in termično obdelani vzorci biomase so bili shranjeni v hermetično zaprtih posodah.

3.2 Inertna (N₂) atmosfera

Odpadna biomasa je bila nadaljnje termično obdelana neposredno v termogravimetričnem analizatorju Mettler Toledo TGA/DSC 3+ STAR System (Greifensee, Švica). Torefikacija je potekala v inertni (N₂) atmosferi (25 °C, 20 ml min⁻¹). Vsi eksperimenti so bili izvedeni v lončku iz aluminijevega oksida, v vsakem eksperimentu pa je bilo uporabljeno do 40 mg vzorca (masa vsakega vzorca se je razlikovala glede na vrsto vzorca). Termično razgradnjo vzorcev smo izvedli v skladu s protokolom, opisanim v delu Zhang in drugi [20]: (i) najprej so bili vzorci segreti s sobne temperature 30 °C na 105 °C s hitrostjo segrevanja 20 °C min⁻¹; (ii) pri temperaturi 105 °C je vsak vzorec bil zadržan 60 minut, da je bila vlaga odstranjena; (iii) nato pa so vzorci bili segreti na izbrano temperaturo torefikacije, ki je bila 250 °C, 300 °C in 350 °C. Zadrževalni čas je znašal 10, 30 in 60 minut.

3.3 Inertna (N₂ ali CO₂) atmosfera

Torefikacija odpadne biomase je bila izvedena še v cevni peči Carbolite (Neuhausen, Nemčija), kjer je bila omogočena uporaba različnih atmosfer. Cevna peč ima premer 90 mm in je sestavljena iz štirih mest oz. con (slika 3-3); na vsako mesto oz. cono je bil pritrjen temperaturni senzor za merjenje temperature med procesom torefikacije. Vzorci so bili stehtani (do 50 g) v poseben pladenj (slika 3-4), ki je prav tako imel štiri cone, ločene s perforirano kovino. Material je bil nameščen samo v prve tri cone, saj se temperatura v zadnji coni ni merila zaradi prevelikih odstopanj. Vhodni plin je bil predhodno segret na 50 °C. Izpušni plini so bili očiščeni skozi filter, ki je bil sestavljen iz treh z izopropanolom napolnjenih stekleničk in zadnje s stekleno volno napolnjene steklenice, nato pa so bile izmerjene koncentracije O₂, H₂, CH₄, CO₂ in CO. Po torefikaciji so bili vzorci ponovno stehtani.

4 ANALIZNE METODE

Glavni cilj doktorske disertacije je s procesom torefikacije proizvesti trdna biogoriva, jih okarakterizirati in umestiti med druga, že znana, alternativna trdna biogoriva.

Za analizo surovih in toreficiranih vzorcev so se v doktorski disertaciji uporabile številne analizne metode. Pred vsako analizo so bili vzorci ponovno sušeni pri 105 °C ± 2 °C vsaj 60 minut, kar je skladno s standardom SIST EN 14774-1:2015³ [21]. Za vsako analizo metodo je bilo uporabljenih do 50 mg vzorca (odvisno od vrste in količine), vsak eksperiment je bil ponovljen od 3- do 5-krat, da se je zagotovila kakovost meritev. Relativna napaka izgube mase med eksperimenti je bila izračunana pod 5 %. V diskusiji so se uporabljene povprečne vrednosti.

Izvedene analizne metode:

- elementna analiza (C, H, N, O, S), določevanje vsebnost hlapnih snovi, pepela, vlage in fiksnega ogljika, določevanje kurilne vrednosti (HHV) ter določevanje vsebnosti hemiceluloze, celuloze in lignina v lignocelulozni biomasi;
- določevanje masnega in energijskega izplena (MY, EY), faktorjev izboljšav kurilne vrednosti (EF), indeksa sočasne koristi energije in mase (EMCI), indeksa stopnje torefikacije (TSI) in razmerja med fiksnim ogljikom

³ Standard SIST EN 14774-1:2015 je nadomestil standard SIST EN ISO 18134-1:2022 (ang. *Solid biofuels - Determination of moisture content, Part 1: Reference method*). Zamenjava standarda ne vpliva na dobljene rezultate.

in hlapnimi komponentami (FRi);

- izvesti naslednje analitske metode na vzorcih pred torefikacijo in po njej:
- Fourierjeva infrardeča spektroskopija (FTIR, FTIR-ATR): za določitev kemijskih spojin, ki se jih prepozna po določenem infrardečem spektru,
- termogravimetrična analiza (TGA/DTG): za določitev kemijskih lastnosti vzorcev;
- določevanje kemijske kinetike surovih in termično obdelanih vzorcev z uporabo naslednjih kinetičnih modelov – isokonverzijski kinetični modeli: Friedman (FR) in Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) modeli;
- določevanje termodinamske parametre (pred-eksponentni faktor (A), entalpija (ΔH), entropija (ΔS), Gibbsova prosta energija (ΔG)) surovih in termično obdelanih vzorcev;
- analiziranje vpliv procesa na okolje (določiti energetska donosnost procesa (EORI) in emisije TGP).

5 ZAKLJUČKI

Raziskovanje obnovljivih virov energije, kot so vetrna, sončna, hidroenergija, geotermalna energija in bioenergija, je ključno za razvoj v Evropski uniji, saj si prizadeva zmanjšati obremenitev okolja. Bioenergija in proizvodnja biogoriv iz odpadne biomase sta v ospredju kot alternativa fosilnim gorivom. Kljub prednostim biomase, njene lastnosti, kot so visoka vlažnost, nizka energijska gostota in hidrofilnost, otežujejo njeno uporabo v industriji. Termokemijski procesi, kot je torefikacija, izboljšajo njene lastnosti in omogočijo pridobitev ekološko sprejemljivega energenta.

V doktorski disertaciji je bil proces torefikacije odpadne biomase teoretično in eksperimentalno raziskovan. Termično so obdelali različne vrste odpadne biomase v Sloveniji, kot so energetska rastlina miskantus, hmeljev ostanek, odpadni les in komunalno blato. Biomasa je bila obdelana pri temperaturah od 200 do 300 °C v pol-inertnih in inertnih atmosferah. Ugotovitve kažejo, da se masni in energijski izpleni zmanjšujejo z višanjem temperature, kurilna vrednost pa narašča. Optimalna temperatura za obdelavo je 260 °C, čas obdelave pa ne vpliva bistveno na končne lastnosti. Z metodo torefikacije je možno izboljšati fizikalne lastnosti biomase in proizvesti kakovostna trdna biogoriva.

6 REFERENCE

- [1] I. Gigauro and V. Vasilev, "Energy Transition: World Energy Outlook," 2021.
- [2] S. Braungardt, J. van den Bergh, and T. Dunlop, "Fossil fuel divestment and climate change: Reviewing contested arguments," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 50, no. June 2018, pp. 191–200, 2019, doi: 10.1016/j.erss.2018.12.004.
- [3] PisRS, "Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (ZSROVE)." [Online]. Available: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO8236>.
- [4] European Commission, "DIREKTIVA 2009/28/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES." [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0028:SL:HTML>.
- [5] C. Zou, Q. Zhao, G. Zhang, and B. Xiong, "Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era," *Nat. Gas Ind. B*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2016, doi: 10.1016/j.ngib.2016.02.001.
- [6] O. D. Dacres *et al.*, "Pyrolysis kinetics of biomasses pretreated by gas-pressurized torrefaction," *Energy Convers. Manag.*, vol. 182, no. January, pp. 117–125, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2018.12.055.
- [7] W. H. Chen *et al.*, "Progress in biomass torrefaction: Principles, applications and challenges," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 82, p. 100887, 2021, doi: 10.1016/j.pecs.2020.100887.
- [8] Prabir Basu, *Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction (Practical design and theory)*, Second Edi. Elsevier, 2014.
- [9] X. Ren, R. Sun, X. Meng, N. Vorobiev, M. Schiemann, and Y. A. Levendis, "Carbon, sulfur and nitrogen

- oxide emissions from combustion of pulverized raw and torrefied biomass,” *Fuel*, vol. 188, pp. 310–323, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2016.10.017.
- [10] European Environmental Agency, *Renewable energy in Europe — recent growth and knock-on effects*, no. 1. 2016.
- [11] S. K. Thengane, K. S. Kung, A. Gomez-Barea, and A. F. Ghoniem, “Advances in biomass torrefaction: Parameters, models, reactors, applications, deployment, and market,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 93, no. September, p. 101040, 2022, doi: 10.1016/j.pecs.2022.101040.
- [12] J. Shankar Tumuluru, S. Sokhansanj, J. R. Hess, C. T. Wright, and R. D. Boardman, “REVIEW: A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications,” *Ind. Biotechnol.*, vol. 7, no. 5, pp. 384–401, 2011, doi: 10.1089/ind.2011.7.384.
- [13] P. C. a Bergman, a R. Boersma, R. W. R. Zwart, and J. H. a Kiel, “Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations,” *Energy Res. Cent. Netherlands ECN ECNC05013*, no. July, p. 71, 2005, [Online]. Available: <http://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--05-013>.
- [14] H. Duan, Z. Zhang, M. M. Rahman, X. Guo, X. Zhang, and J. Cai, “Insight into torrefaction of woody biomass: Kinetic modeling using pattern search method,” *Energy*, vol. 201, p. 117648, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.117648.
- [15] W. Yang, D. Pudasainee, R. Gupta, W. Li, B. Wang, and L. Sun, “An overview of inorganic particulate matter emission from coal/biomass/MSW combustion: Sampling and measurement, formation, distribution, inorganic composition and influencing factors,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 213, no. October 2020, p. 106657, 2021, doi: 10.1016/j.fuproc.2020.106657.
- [16] M. J. C. Van Der Stelt, H. Gerhauser, J. H. A. Kiel, and K. J. Ptasinski, “Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels : A review,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, no. 9, pp. 3748–3762, 2011, doi: 10.1016/j.biombioe.2011.06.023.
- [17] T. A. Mamvura and G. Danha, “Biomass torrefaction as an emerging technology to aid in energy production,” *Heliyon*, vol. 6, no. 3, p. e03531, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03531.
- [18] M. N. Cahyanti, T. R. K. C. Doddapaneni, and T. Kikas, “Biomass torrefaction: An overview on process parameters, economic and environmental aspects and recent advancements,” *Bioresour. Technol.*, vol. 301, no. October 2019, p. 122737, 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2020.122737.
- [19] P. Jóźwiak, J. Hercog, A. Kiedrzyńska, and K. Badyda, “CFD analysis of natural gas substitution with syngas in the industrial furnaces,” *Energy*, vol. 179, pp. 593–602, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.04.179.
- [20] Y. Feng, K. Qiu, Z. Zhang, C. Li, M. M. Rahman, and J. Cai, “Distributed activation energy model for lignocellulosic biomass torrefaction kinetics with combined heating program,” *Energy*, vol. 239, p. 122228, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2021.122228.
- [21] E. 14774-1:2009, “Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method.” 2015.

Zasnova orodja za sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti elektroenergetskega sistema Slovenije

Matjaž ŠKRLEC^{1,*}, Jernej LASNIK², Urban RUDEŽ¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija

² ELES, d.o.o., operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Matjaž ŠKRLEC

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: matjaz.skrlec@fe.uni-lj.si

Povzetek: V vseh razvitih elektroenergetskih sistemih (EES) po svetu smo priča intenzivnim spremembam na vseh nivojih oskrbe z električno energijo, in sicer od proizvodnje (nadomeščanje centraliziranih konvencionalnih virov električne energije z alternativnimi in pogosto razpršenimi viri), prenosa in distribucije (povečanje števila FACTS naprav in HVDC prenosov, nove tehnologije za nadzor in monitoring), odjema (nova struktura odjema zaradi elektrifikacije sektorjev kot sta promet in ogrevanje) pa vse do trga z električno energijo (novi tržni produkti kot so hitri frekvenčni odziv in sintetična vztrajnost). Vse našteje spremembe narekujejo posodobitev pristopov k zagotavljanju zanesljivega obratovanja EES, kjer v ospredje postopno prihaja skrb za dinamično stabilnost. V okviru projektne iniciative *Stability management* smo zasnovali orodje za sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti EES Slovenije. Namen orodja je obratovalnemu osebju v Republiškem centru vodenja sproti zagotavljati informacije o dinamični stabilnosti sistema, na podlagi katerih bo mogoče sprejemati ustrezne odločitve, tako preventivne kot tudi kurativne. V prispevku je predstavljena zasnova orodja, ki temelji na dinamičnem modelu EES Slovenije in okolice omejenega obsega. Orodje bo podalo informacije v obliki skrbno izbranih indeksov stabilnosti, ki bodo obratovalnemu osebju v pomoč v prihodnosti, ki bo nedvomno zaznamovana z večjo stopnjo nepredvidljivosti in izrabo novih tehnologij.

Ključne besede: dinamični model elektroenergetskega sistema, sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti, umetna inteligenca.

V prispevku predstavljeno raziskovalno delo sta delno sofinancirali Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije v okviru aplikativnega projekta »Sprotno ocenjevanje stabilnosti elektroenergetskega sistema na osnovi umetne inteligence (AI-ASSIST)« (L2-50053) in raziskovalnega programa Elektroenergetski sistemi (P2-0356) ter Evropska skupnost v okviru projekta TwinEU (št. projekta 101136119).

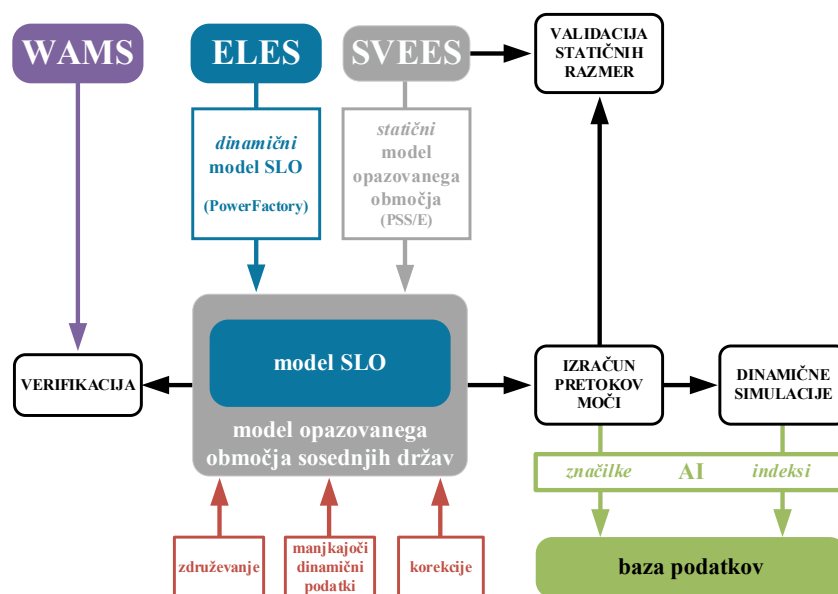
1 UVOD

Precejšnje število sistemskih operaterjev po svetu ima potrebe po DSA (angl. Dynamic Security Assessment) orodju za izvajanje sprotne ocene stabilnosti EES. Pri tem so nekateri od operaterjev v procesu razvoja takšnega orodja bolj aktivni od drugih. V Sloveniji so v preteklosti tekale številne nekoordinirane aktivnosti na tem področju, vendar razpršene po posameznih podjetjih, univerzah in inštitutih. Projektna iniciativa *Stability management*, ki poteka v okviru ELES, je pomemben korak v smeri razvoja DSA orodja z domačim znanjem, ki poleg konvencionalnega

pristopa vključuje tudi napredne pristope umetne inteligence za še hitrejši dostop do informacije o stabilnosti vsakokratnega obratovalnega stanja EES.

2 OPIS ZASNOVE

Orodje DSA je zasnovano na izvajanju sekvenčnih simulacij z dinamičnim RMS (angl. Root Mean Square) modelom slovenskega EES, dopolnjenega z dinamičnim modelom opazovanega območja sosednjih držav (angl. Observability area) - Slika 1. Medtem ko je slovenski del dinamičnega modela opremljen z natančnimi podatki omrežja, proizvodnih naprav in odjema (modro obarvani deli), pa temu ni tako pri dinamičnem modelu sosednjih držav (sivo obarvani deli). V sistemu vodenja EES (SVEES) so namreč dobro usklajeni zgolj statični podatki sosednjih omrežij (statični parametri elementov omrežja, topologija in injekcije moči). Takoj po topološki združitvi obeh modelov je torej treba na osnovi množice razpoložljivih virov dopolniti manjkajoče dinamične podatke proizvodnih virov v tujini. Poleg tega so v zaključku potrebne tudi nekatere specifične korekcije, ki zagotovijo ustreznost modela. Vse tri aktivnosti so označene z rdečo barvo. Z njihovo izvedbo je mogoče model verificirati na osnovi WAMS meritev iz preteklosti (vijolično obarvan del). Sledi izračun pretokov moči in validacija statičnih razmer ob primerjavi z rezultati ocenjevalnika stanja omrežja. V primeru uspešne validacije (rezultati izračuna pretokov moči so znotraj postavljenih pogojev) se sproži sekvenčno izvajanje dinamičnih simulacij, kjer se preverja večje število vrst stabilnosti omrežja (kotna stabilnost, frekvenčna stabilnost, itd.). Sledi vključitev metod umetne inteligence (zeleno obarvan del), ki analizira korelacije med *statičnimi značilkami* sistema in ugotovljenimi *indeksi dinamične stabilnosti*. Korelacije se nato zabeležijo v bazo podatkov, vsak vnos pa je okarakteriziran z značilkami, ki predstavljajo neke vrste prstni odtis vsakokratnega obratovalnega stanja EES.



Slika 1: Shematični diagram zasnove orodja za sprotno ocenjevanje dinamične stabilnosti

3 ZAKLJUČKI

Ob vsaki aktivaciji DSA orodja bo pridobivanje informacij o stabilnosti omrežja zahtevalo daljši čas (reda minut), saj je izvajanje dinamičnih simulacij časovno potratno. Če pa DSA v bazi podatkov prepozna, da indeksi stabilnosti za določeno (ali njemu dovolj podobno) obratovalno stanje že obstajajo, pa bodo informacije na voljo takoj (reda milisekund). S tem se je mogoče izogniti podvajanju izračunov, ki so bili v preteklosti že opravljeni, in podati oceno stabilnosti v realnem času.

4 REFERENCE

- [1] U. Rudež et al., AI-ASSIST: Poročilo o vzročno-posledičnih povezavah med značilkami in indeksi stabilnosti (D2.1). UL-FE; IJS, 2024.

Operacijske raziskave in optimizacije baterijskih sistemov

Erik Rot Weiss^{1,*}, David Galinec¹, Robert Gselman¹ in Urban Gselman²

¹ Razvojna služba, HSE Invest, d.o.o., Maribor, R. Slovenija

² Strojna služba, HSE Invest, d.o.o., Maribor R. Slovenija

* Kontaktna oseba:

Erik Rot Weiss

HSE Invest d.o.o.

E-pošta: erik.rot-weiss@hse-invest.si

Povzetek: To delo predlaga ogrodje optimizacije delitve kapacitete in moči baterijskega hranilnika na različne funkcije: Premik konice proizvodnje, kompenzacija odstopanj proizvodnje od napovedi proizvodnje in zagotavljanje storitev izravnave na izravnalnem trgu ELES. Ker je narava celotnega modela nelinearna in več dimenzijska, se preučuje možnost uporabe metahevrističnih algoritmov, kot so algoritem rojev delcev (ARD) in diferenčna evolucija (DE).

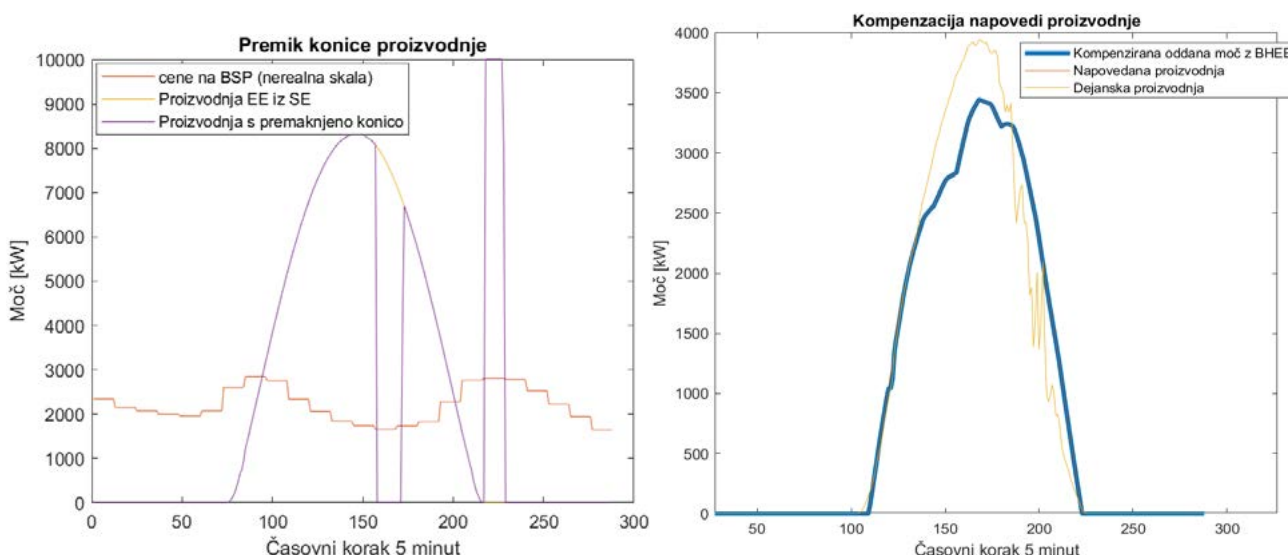
Ključne besede: Baterijski sistemi, Optimizacija, Simulacije obratovanja

1 UVOD

Pri odločitvi za gradnjo baterijskega hranilnika električne energije (BHEE), je ključnega pomena izbira namena baterijskega sistema. Najpogostejše se pojavlja želja po uporabi BHEE za premik konice proizvodnje sončne elektrarne na čase višje tržne cene EE. Alternativa temu pa je lahko uporaba BHEE za odpravo odstopanj napovedi proizvodnje. Proizvodnjo EE je potrebno napovedovati za uravnovešanje trga. Če zgrešimo to napoved, smo lahko deležni finančnih kazni. Tretji simuliran način obratovanja pa je nudenje storitev izravnave in sicer za procesa za povrnitev frekvence z avtomatsko aktivacijo (aRPF). Nudenje aRPF je neodvisno od obratovanja sončne elektrarne tako, da ima takojšnja dodana vrednost. Problematika tega pa je ločeno sodelovanje na trgu nudenja energije in moči aRPF. Za namene tega dela smo poenostavljeno simulirali delovanje na trgu ponudbe energije za aRPF, kjer je uspešnost naključna.

2 OSNOVA MATEMATIČNIH MODELOV OPERACIJE

Za namen optimizacije smo kot ocenjevalno funkcijo uporabili tri simulacijske modele obratovanja baterijskih sistemov. Kapaciteta in moč baterijskega sistema sta arbitrarno izbrani kot 7 MWh in 3,5 MW. Prvi simulacijski način obratovanja je premik konice proizvodnje sončne elektrarne. Za izbran baterijski sistem smo določili sončno elektrarno z nazivno močjo 10 MW. Kot osnovna podatka proizvodnje sta hipotetična napoved osončenja in dejansko osončenje (podlaga teh podatkov so realne meritve). Premik konice proizvodnje se izvede iz obdobja najnižje cene na BSP SouthPool energetski borzi okoli sredine dneva v obdobje najvišje cene popoldne (slika 1 levo). druga simulacija primerja napovedano in dejansko proizvodnjo SE ter shrani viške proizvodnje v BHEE. V obdobjih, ko je napovedana proizvodnja večja od dejanske, se shranjena energija odda (slika 1 desno).

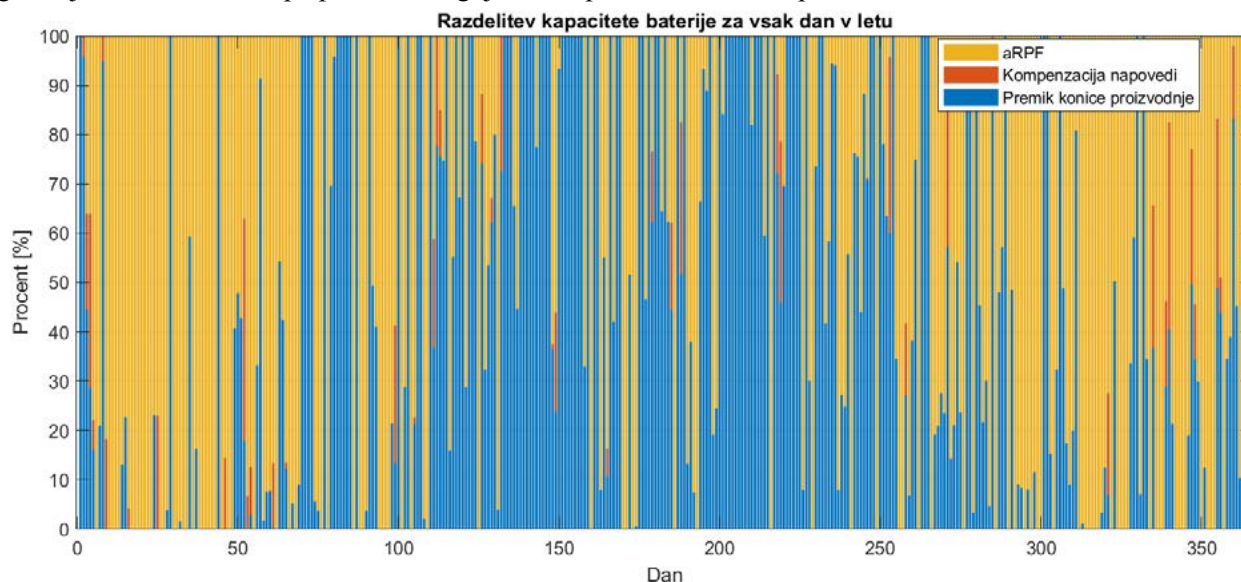


Slika 1: Primer obratovanja s premikom konice in kompenzacijo napovedi [Vir: lastni rezultati]

Nudnje aRPF se izvaja glede na zahteve ELES. Sklepamo, da smo uspešni na trgu za izravnalno moč tako, da le tekmuje na trgu za izravnalno energijo.

3 OPTIMIZACIJA RAZDELITVE KAPACITETE

Uporabili smo algoritem rojev delcev (ARD), v katerem je vsak delec predstavljal šest parametrov baterijskega sistema. Prvi trije so procentualne razdelitve kapacitete BHEE, drugi trije pa procentualne razdelitve moči BHEE. Vsak delec se ocenjuje tako, da se relevantna kapaciteta in moč vnese v simulacijo. Vsak izračun simulacije obratovanja poda prihodek, ki ga je prispeval BHEE. Dobički se seštevajo in predstavljajo oceno delca. Po teoriji ARD bodo delci konvergirali k optimumu. Vendar pa konvergiranje pri metahevrstičnih algoritmih žal ni zagotovljeno. Rezultati so pa prikazali nagnjenost k premiku konice v poletnih dneh.



Slika 2: Rezultat optimizacije [Vir: lastni rezultati].

4 REFERENCE

- [1] Šafarič R., Rojko A., Inteligentne regulacijske tehnike v mehatroniki, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru, 2007.

Zlata pokrovitelja:



Srebrni pokrovitelji:



Bronasti pokrovitelji:



Sponzor oglaševalci:

