

# Prilagajanje odjema električne energije novemu sistemu za obračunavanje omrežnine

Miloš Pantoš, Lucija Lukas

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenija  
E-pošta: milos.pantos@fe.uni-lj.si

**Povzetek.** Z marcem 2024 se uvaja 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. Uvaja se pettarifni sistem, ki jih bo spodbujal k odjemanju električne energije zunaj dragih ur, in sicer v okviru prožnosti svojega odjema. Zanimive postajajo tudi rešitve za povečanje prožnosti odjema, kot so investicije v pametne naprave za spremljanje in krmiljenje odjema ter v baterijske hranilnike električne energije. Opravljena analiza za večjega industrijskega odjemalca na podlagi podatkov za leto 2019 ugotavlja, da je smiselno angažirati prožnost odjema za zmanjšanje omrežnine in stroška nakupa električne energije ter da je pri izboru hranilnika električne energije smiselno dati več poudarka njegovi zmogljivosti in manj inštalirani moči. Rezultati za analiziranega odjemalca kažejo, da investicija v hranilnik ni ekonomsko upravičena, vendar je treba raziskavo razširiti na večje število odjemalcev različnih tipov ter z upoštevanjem posodobljenih tržnih cen električne energije in omrežninskih tarifnih postavk. Nadaljnje raziskave je smiselno usmeriti v analizo primernosti izbora omrežninskih časovnih blokov in tarif, ki naj bi odjemalce spodbudili k prilagajanju odjema s ciljem razbremenjevanja elektroenergetskega sistema v kritičnih trenutkih, ob upoštevanju prihoda novih tehnologij, kot so sončne elektrarne, vozila na električni pogon, toplotne črpalke, vodikove tehnologije, hranilniki električne energije ipd. Prav tako je smiselno analizirati usklajenost izbora omrežninskih časovnih blokov in tarif z razmerami na trgu električne energije, saj so večji odjemalci občutljivi tudi za cene električne energije.

**Ključne besede:** časovni bloki, hranilnik električne energije, omrežnina, optimizacija odjema električne energije, prožnost odjema električne energije

## Adapting of Electricity Consumption to a New Network Tariff System

In March 2024, a new method to calculate the power network tariffs will be adopted for the Slovenian electricity consumers. Since the power network tariffs are a significant component of the electricity supply costs, it is important to analyse the impact on the electricity consumers. The target of the planned system is to stimulate shifting the electricity consumption from the expensive hours to the cheaper ones within the flexibility of the consumption patterns. Solutions to promote the consumption flexibility, such as investing in smart devices to monitor and control the electricity consumption and battery energy storage systems, are becoming increasingly interesting. An analysis conducted for a large industrial electricity consumer based on the 2019 data suggests that the consumption flexibility is likely to decrease the electricity cost. For the battery energy storage system, it is advisable to prioritize its capacity over its installed power. At first sight it seems that investing in a storage system may not be economically justified for a particular consumer, but the further research which will involve a larger number of consumers of different types will be more realistic. Its focus should be on analysing the suitability of selecting the network time blocks and tariffs to stimulate consumption adjustments to minimize overloading the power grid at critical moments. The impact of adopting new technologies, such as solar power

plants, electric vehicles, heat pumps, hydrogen technologies, energy storage systems, etc., should be duly considered. Also to be analysed is the alignment of the network time blocks and tariffs with the electricity market prices because of the large consumers who are also sensitive to the electricity market price variations.

**Keywords:** time blocks, electricity storage, network fee, optimization of electricity consumption, flexibility of electricity consumption

## 1 UVOD

Agencija za energijo uvaja nov način obračunavanja omrežnine [1] kot del prizadevanj v okviru zelenega prehoda energetike, da se spodbudijo učinkovita raba energije, prilagajanje potrebam odjemalcev in boljše integracije obnovljivih virov energije (OVE) v elektroenergetski sistem (EES).

Omrežnina je ena od sestavnih postavk pri obračunu mesečnega ali letnega stroška električne energije (EE) in je namenjena pokrivanju stroškov vzdrževanja in obratovanja prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja (EEO), ki prenašata EE od proizvajalcev do odjemalcev. Omrežnina ni zanemarljiva, saj predstavlja drugo največjo postavko pri stroških, povezanih z nabavo EE.

Ključni postavki pri obračunu omrežnine, a ne edini, sta prevzeta EE iz EEO in obračunska moč. Tarife za obračun določi Agencija za energijo kot regulatorni organ.

Marca 2024 bo v Slovenji začel veljati nov predpis o omrežnini [1], ki bo prinesel pomembne spremembe v obračunavanju omrežnine za odjemalce. Namesto sedanjega dvotarifnega sistema [2], ki temelji na uporabi večje (VT) in manjše tarife (MT), bo vzpostavljen sistem s petimi časovnimi bloki s pripadajočimi tarifami za prevzeto EE in obračunsko moč.

Cilji raziskave so:

- predstaviti novosti novega sistema obračunavanja omrežnine in opozoriti, na kaj se morajo pripraviti odjemalci;
- odgovoriti na vprašanje, ali bo z novim sistemom obračunavanja omrežnine končni znesek za EE na položnici višji;
- oceniti, ali so z novim sistemom obračunavanja omrežnine smiselne investicije v povečanje prožnosti odjema;
- ugotoviti, kakšen je vpliv prožnosti odjema na strošek za uporabo omrežja (omrežnino) v povezavi s stroškom nakupa EE na veleprodajnem trgu.

## 2 NOVOSTI PETTARIFNEGA SISTEMA OBRAČUNAVANJA OMREŽNINE

Slika 1 prikazuje razporeditev trenutno veljavnih tarif VT in MT, [2], v času delovnega in dela prostega dne. Tarifa VT velja za ure, ko je EEO bolj obremenjeno (dopoldanske in popoldanske ure delovnikov). Ob teh urah je omrežnina torej višja, da bi odjemalce spodbudila k porabi EE ob urah, ko je EEO manj obremenjeno, da bi ga tako razbremenili.

Slika 2 prikazuje razporeditev novih 5 tarif oz. časovnih blokov v dnevno, [1], pri čemer se poleg delovnega in dela prostega dneva razlikuje tudi višja sezona od nižje. Znotraj vsakega dneva so trije časovni bloki, torej eden več kot do zdaj (VT in MT). Najcenejši časovni blok znotraj dneva (blok 5) je časovno (ne pa nujno tudi cenovno) izenačen z dosedanjo nižjo tarifo MT, torej traja od 22. ure zvečer do 6. ure zjutraj. Čez dan pa namesto ene tarife (do zdaj višje tarife VT) veljata dve, ki pokrijeta obdobje najvišje in srednje obremenitve EEO. S tem je povezana tudi cena oz. višina tarifne postavke omrežnine v posameznem časovnem bloku. Najdražji je časovni blok 1, ki bo upoštevan zgolj v višji sezoni (približno v zimskem času), ko je EEO najbolj obremenjeno. V dela prostih dnevih in v nižji sezoni (približno v poletnem času) ta blok nikoli ne bo upoštevan.

Omrežnina se bo še naprej obračunavala glede na obračunsko moč in prevzeto EE, spreminja pa se razmerje med tema dvema postavkama. Prav tako se uvaja doplačilo za preseženo dogovorjeno obračunsko moč. Odjemalci bodo torej večji del omrežnine plačali glede

	Delovni dan	Dela prosti dan
0	MT	MT
1	MT	MT
2	MT	MT
3	MT	MT
4	MT	MT
5	MT	MT
6	VT	MT
7	VT	MT
8	VT	MT
9	VT	MT
10	VT	MT
11	VT	MT
12	VT	MT
13	VT	MT
14	VT	MT
15	VT	MT
16	VT	MT
17	VT	MT
18	VT	MT
19	VT	MT
20	VT	MT
21	VT	MT
22	MT	MT
23	MT	MT

Slika 1: Trenutno veljavni sistem za obračun omrežnine, [2]

	Delovni dan		Dela prosti dan	
	Višja sezona	Nižja sezona	Višja sezona	Nižja sezona
0	3	4	4	5
1	3	4	4	5
2	3	4	4	5
3	3	4	4	5
4	3	4	4	5
5	3	4	4	5
6	2	3	3	4
7	1	2	2	3
8	1	2	2	3
9	1	2	2	3
10	1	2	2	3
11	1	2	2	3
12	1	2	2	3
13	1	2	2	3
14	2	3	3	4
15	2	3	3	4
16	1	2	2	3
17	1	2	2	3
18	1	2	2	3
19	1	2	2	3
20	2	3	3	4
21	2	3	3	4
22	3	4	4	5
23	3	4	4	5

Višja sezona: november - februar

Nižja sezona: marec - oktober

Slika 2: Novi sistem za obračun omrežnine, [1]

na moč in manj glede na porabljeno energijo, saj so stroški, potrebni za delovanje in prihodnji razvoj omrežja povezani predvsem z zmogljivostjo EEO in njegovo konično obremenitvijo.

Novosti pettarifnega načina obračunavanja omrežnine je mogoče povzeti v 4 točkah:

- **pet časovnih blokov:** novi predpis uvaja večtarifni sistem s časovnimi bloki, ki bodo določeni glede na

čas dneva in potrebno oskrbo z električno energijo v posameznem času;

- **pet tarif:** za vsak časovni blok bosta veljali dve tarifi, in sicer tarifa za prevzeto energijo in tarifa za obračunsko moč;
- **dogovorjena obračunska moč:** na podlagi statistične analize odjema v prejšnjem letu se bo za vsak blok vnaprej določila obračunska moč odjemalca, ki pa ne bo smela biti večja od priključne moči iz soglasja za priključitev;
- **doplačilo za preseženo dogovorjeno obračunsko moč:** 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. Prvič, odjemalci se morajo pripraviti na dejstvo, da bodo za omrežnino plačevali več, če se ne bodo prilagodili novemu sistemu obračunavanja omrežnine in bodo obratovali kot do zdaj, brez prilagoditve odjema petim tarifnim blokom. Drugič, 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.

Prilagajanje odjema mora torej z novim načinom obračunavanja omrežnine slediti zmanjšanju skupnega stroška nakupa EE. Smiselno bo izvajanje naslednjih ukrepov:

- **investicije v pametne naprave:** pametni števeci in naprave za upravljanje energije (krmilniki) omogočajo odjemalcem nadzor in upravljanje odjema ter izkoriščanje ugodnejših tarifnih obdobj in obdobj s cenejšo EE;
- **investicije v hranilnike in lastno proizvodnjo EE:** če odjem sam po sebi ni prilagodljiv, je prilagoditve mogoče izvesti tudi s hranilniki EE in lastno proizvodnjo EE (fotonapetostni paneli) ter tako zmanjšati strošek omrežnine in nakupa EE;
- **spremembe pri poslovanju in pri proizvodnih procesih:** te spremembe so ključne za uspešno izvedbo prilagajanja odjema cenovnim signalom (omrežnina in cene za nakup EE);
- **revizija strategije nakupa EE:** prehod na novi sistem obračunavanja omrežnine je tudi primeren trenutek za revizijo načina nakupa EE, prilagoditev obstoječih pogodb za nabavo EE in morebiti za zamenjavo ponudnika.

### 3 NOVA METODOLOGIJA ZA OBRAČUNAVANJE OMREŽNINE

Novo metodologijo za obračunavanje omrežnine opredeljuje akt [1]. Sistemski operater uporabniku sistema v koledarskem mesecu obračuna mesečni znesek omrežnine za moč za prenos,  $OMRp^C$ , po enačbi:

$$OMRp^C = \sum_b OMRp_b^C, \quad (1)$$

pri čemer je  $OMRp_b^C$  omrežnina za moč uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$ , za prenosni sistem. Izračuna se kot:

$$OMRp_b^C = OMRp_b^{C^c} + OMRp_b^{C^{ex}}. \quad (2)$$

Simbola  $OMRp_b^{C^c}$  in  $OMRp_b^{C^{ex}}$  predstavljata omrežnino za moč uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$  glede na dogovorjeno moč, za prenosni sistem, in omrežnino za moč uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$ , glede na presežno moč, za prenosni sistem.

Prva komponenta v enačbi (2) se izračuna kot:

$$OMRp_b^{C^c} = Tp_{i,b}^C \cdot Cc_b, \quad (3)$$

pri čemer je  $Tp_{i,b}^C$  tarifna postavka za moč za prenosni sistem za uporabniško skupino  $i$ , v časovnem bloku  $b$ , simbol  $Cc_b$  pa predstavlja dogovorjeno obračunsko moč uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$ .

Druga komponenta v enačbi (2) se izračuna kot:

$$OMRp_b^{C^{ex}} = \mathcal{F}_{ex} \cdot Tp_{i,b}^C \cdot Cex_b, \quad (4)$$

pri čemer je  $\mathcal{F}_{ex}$  faktor utežitve presežne moči in  $Tp_{i,b}^C$ , kot že pojasnjeno, tarifna postavka za moč za prenosni sistem za uporabniško skupino  $i$ , v časovnem bloku  $b$ . Simbol  $Cex_b$  predstavlja presežno obračunsko moč uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$ , ki se izračuna kot:

$$Cex_b = \begin{cases} 0 & ; Cm_{k,b} \leq Cc_b \\ \sqrt{\sum_{k=1}^n (Cm_{k,b} - Cc_b)^2} & ; Cm_{k,b} > Cc_b \end{cases} \quad (5)$$

Simbol  $n$  v enačbi (5) predstavlja število evidentiranih 15-minutnih meritev, ki presežejo dogovorjeno obračunsko moč v posameznem časovnem intervalu  $b$  znotraj obračunskega meseca. Oznaka  $Cm_{k,b}$  velja za doseženo moč uporabnika sistema, evidentirana iz 15-minutne meritve  $k$  v časovnem bloku  $b$ ,  $Cc_b$  pa predstavlja, kot že pojasnjeno, dogovorjeno obračunsko moč uporabnika sistema. Presežna moč je torej različna od nič, ko dosežena moč uporabnika sistema preseže dogovorjeno obračunsko moč. Presežna moč  $Cex_b$  se v enačbi (4) na neki način kaznuje s faktorjem  $\mathcal{F}_{ex}$ .

Sistemski operater uporabniku sistema v koledarskem mesecu obračuna tudi mesečni znesek omrežnine za energijo za prenos,  $OMRp^E$ , po enačbi:

$$OMRp^E = \sum_b OMRp_b^E, \quad (6)$$

pri čemer je  $OMRp_b^E$  omrežnina za energijo v časovnem bloku  $b$ , za prenosni sistem. Izračuna se kot:

$$OMRp_b^E = Tp_{i,b}^E \cdot ce_b, \quad (7)$$

pri čemer je  $Tp_{i,b}^E$  tarifna postavka za energijo za uporabniško skupino  $i$ , v časovnem bloku  $b$ , za prenosni sistem, simbol  $ce_b$  pa predstavlja prevzeto energijo uporabnika sistema, v časovnem bloku  $b$ .

Če je uporabnik omrežja priključen na distribucijsko omrežje, mu sistemski operater v koledarskem mesecu obračuna tudi mesečni znesek omrežnine za moč in energijo za distribucijo. Izračun temelji na sklopu enačb (1)-(7), pri čemer se vsi parametri navezujejo na distribucijski sistem. Indeks  $p$ , ki pri simbolih označuje prenosni sistem, se nadomesti z indeksom  $d$ , ki velja za distribucijski sistem. Sklop enačb za distribucijo se tako zapiše kot:

$$OMRd^C = \sum_b OMRd_b^C, \quad (8)$$

$$OMRd_b^C = OMRd_b^{Cc} + OMRd_b^{Cex}, \quad (9)$$

$$OMRd_b^{Cc} = Td_{i,b}^C \cdot Cc_b, \quad (10)$$

$$OMRd_b^{Cex} = \mathcal{F}_{ex} \cdot Td_{i,b}^C \cdot Cex_b, \quad (11)$$

$$Cex_b = \begin{cases} 0 & ; Cm_{k,b} \leq Cc_b \\ \sqrt{\sum_{k=1}^n (Cm_{k,b} - Cc_b)^2} & ; Cm_{k,b} > Cc_b \end{cases}, \quad (12)$$

$$OMRd^E = \sum_b OMRd_b^E, \quad (13)$$

$$OMRd_b^E = Td_{i,b}^E \cdot ce_b. \quad (14)$$

Uporabljeni simboli v sklopu enačb (8)-(14) niso posebej pojasnjeni, saj vsebinsko sledijo simbolom, ki veljajo za prenosni sistem, enačbe (1)-(7).

#### 4 OPTIMIZACIJSKI MODEL ZA PRILAGAJANJE ODJEMA

Optimizacijski model za prilagajanje odjema novemu tarifnemu sistemu za obračun omrežnine se je razvil v okviru interne študije **InFlex-08\2023**. Cilj optimizacije je minimizacija stroškov, povezanih z dobavo EE, pri čemer je poudarek na omrežnini in stroških nakupa EE. Model omogoča tudi minimizacijo zgolj omrežnine, vendar je smiselno zaobjeti tudi stroške nakupa EE, saj ti predstavljajo velik delež pri skupnih stroških. Kriterijska funkcija je podana z enačbo:

$$J = \underset{\Omega}{\text{minimum}} \sum_{m \in \mathcal{M}} \begin{pmatrix} OMR_p^C + OMR_p^E + \\ OMR_d^C + OMR_d^E + \\ SNE \end{pmatrix}, \quad (15)$$

pri čemer prvi 4 členi predstavljajo omrežnino za moč in energijo za prenos in distribucijo, kot predstavlja poglavje 3, zadnji člen,  $SNE$ , pa predstavlja stroške nakupa EE. Simbol  $m$  velja za mesec v množici mesecev  $\mathcal{M}$ , ki skupaj tvorijo analizirano obdobje. Simbol  $\Omega$  označuje množico optimizacijskih spremenljivk, predstavljenih v nadaljevanju.

Prvi 4 členi v kriterijski funkciji  $J$  so modelirani z enačbami v poglavju 3. Dodaten je še člen  $SNE$ , ki se zapiše kot:

$$SNE = \sum_b SNE_b, \quad (16)$$

pri čemer predstavlja  $SNE_b$  strošek nakupa EE v bloku  $b$  in se izračuna kot:

$$SNE_b = \sum_{k=1}^t Cm_{k,b} \cdot c_k. \quad (17)$$

Simbol  $Cm_{k,b}$  predstavlja optimizacijsko spremenljivko, ki v simulaciji označuje prilagojeni odjem EE v trenutku  $k$  v bloku  $b$ . Dejansko gre za moč iz enačbe (5), ki je v aktu [1] definirana kot dosežena moč uporabnika sistema, evidentirana iz 15-minutne meritve  $k$  v časovnem bloku  $b$ . Indeks  $k$  označuje čas in teče od 1 do  $t$ , pri čemer  $t$  predstavlja število časovnih korakov v časovnem intervalu  $b$  analiziranega meseca. Simbol  $c_k$  predstavlja ceno EE na veleprodajnem trgu v trenutku  $k$  ali pa s pogodbo definirano ceno za nakup EE od dobavitelja, ki velja za trenutek  $k$ .

Zaključek poglavja 2 predlaga ukrepe za povečanje prožnosti odjema. Pri odjemalcih EE je največ zanimanja za investicije v pametne naprave, lastno proizvodnjo EE in baterijske hranilnike EE. Nova optimizacijska rešitev zato omogoča matematično modeliranje prožnosti odjema na več načinov:

- **obstoječa prožnost odjemalca** je modelirana kot razpoložljivo odstopanje odjema od predvidenega diagrama porabe EE,  $P_k$ :

$$r_z \cdot P_k \leq Cm_{k,b} \leq r_p \cdot P_k. \quad (18)$$

Faktorja  $r_z$  in  $r_p$  torej opredeljujeta potencial za zmanjšanje in povečanje odjema v danem trenutku;

- **baterijski hranilnik EE** kot zalogovnik energije omogoča premikanje odjema EE znotraj obravnavanega časovnega intervala. Model zajema sklop enačb (19)-(26), ki se navezujejo na delovanje hranilnika:

$$e_k = e_{k-1} + \eta_c \cdot x_k - \frac{b_k}{\eta_d}, \quad k \neq 1, \quad (19)$$

$$e_k = e_0 + \eta_c \cdot x_k - \frac{b_k}{\eta_d}, \quad k = 1, \quad (20)$$

$$0 \leq e_k \leq e_{max}, \quad (21)$$

$$0 \leq x_k \leq p_{max}, \quad (22)$$

$$0 \leq b_k \leq p_{max}, \quad (23)$$

$$e_k = e_0, \quad k = t, \quad (24)$$

$$x_k \cdot b_k = 0. \quad (25)$$

$$Cm_{k,b} = P_k + x_k - b_k. \quad (26)$$

Simbol  $e_k$  predstavlja količino energije, shranjene v hranilniku z zmogljivostjo (kapaciteto)  $e_{max}$ ,

začetno stanje hranilnika oz. vrednost parametra SoC (angl. State of Charge) pa označuje  $e_0$ . Inštalirana moč hranilnika je označena z  $p_{max}$  in omejuje moč polnjenja  $x_k$  in praznjenja  $b_k$  hranilnika pri izkoristkih  $\eta_c$  in  $\eta_d$ . Enačbi (19) in (20) sta energijski enačbi, ki opredeljujeta stanje hranilnika v trenutku  $k$  na podlagi stanja v prejšnjem trenutku  $k-1$  in morebitnega polnjenja ter praznjenja hranilnika s pripadajočima izkoristkoma. Enačba (24) od uporabnika hranilnika zahteva, da hranilniku zagotovi toliko energije, da je njegovo končno stanje  $e_t$  enako začetnemu  $e_0$ . Tako je hranilnik pripravljen za naslednje obdobje, saj ni povsem prazen ali poln, kar bi omejevalo njegovo fleksibilnost v eno ali drugo smer. Enačba (25) preprečuje, da bi se hranilnik v danem trenutku hkrati praznil in polnil;

- **lastna proizvodnja EE**, ki predstavlja potencial za zmanjšanje porabe EE, kar se modelira kot:

$$Cm_{k,b} = P_k - G_k, \quad (27)$$

pri čemer je  $G_k$  morebitna proizvodnja EE v trenutku  $k$ .

Optimizacijski model vsebuje tudi omejitev:

$$\sum_b \sum_{k=1}^t Cm_{k,b} = \sum_{k=1}^t P_k, \quad (28)$$

ki opredeljuje zahtevo, da se skupna poraba EE odjemalca v opazovanem obdobju ne spremeni kljub prilagajanju odjema EE omrežnini in ceni EE na trgu. Sledi se ideji, da odjemalec potrebuje določeno količino energije za izvajanje svoje dejavnosti, zato se ta količina ohranja, porabo EE pa je mogoče prilagajati, a le v okviru razpoložljive prožnosti odjema. Če bi bilo zmanjšanje porabe EE dopustno, s čimer bi se prav tako zmanjšali stroški za uporabo omrežja (omrežnina) in stroški za nakup EE, bi bila raziskava osredotočena na učinkovito rabo energije, in ne na prožnost odjema.

Trenutno je optimizacijski model nastavljen tako, da poišče optimalno razporeditev odjema skozi čas s ciljem minimizacije stroškov, povezanih z dobavo EE. Dejansko pa je s prenavitvijo modela mogoče poiskati rešitve v smeri:

- **določitev optimalne dogovorjene obračunske moči** uporabnika sistema za vseh 5 časovnih blokov,  $Cc_b$ . Pri višjih dogovorjenih obračunskih močeh je omrežnina višja, pri nižjih vrednostih pa se poveča tveganje, da bodo te moči presežene in bo uporabnik sistema kaznovan v skladu z enačbama (3) in (10);
- **določitev optimalnih tarifnih postavk** za moč in energijo za prenosni sistem,  $Tp_{i,b}^C$ ,  $Tp_{i,b}^E$ , in za distribucijski sistem  $Td_{i,b}^C$ ,  $Td_{i,b}^E$ . S primerno nastavitvijo tarifnih postavk je mogoče bolje slediti ciljem, ki si jih je zastavila Agencija za energijo ob uvedbi novega sistema za obračunavanje omrežnine. Ti cilji so spodbuditi učinkovito rabo

energije, izboljšati integracijo OVE v EES, razbremeniti EES v času visoke porabe EE ipd.;

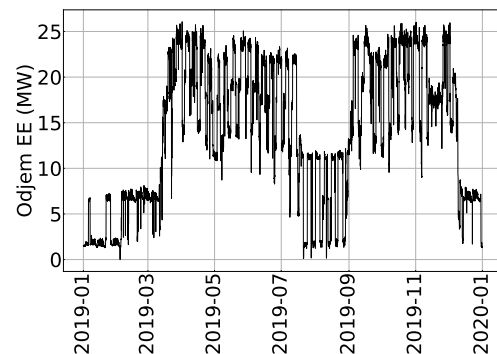
- **preoblikovanja časovnih blokov** v smislu drugačne prerazporeditve ali uvajanju dodatnih blokov, ki bi omogočili še lažje doseganje prej omenjenih ciljev Agencije za energijo. Slika 2 prikazuje časovne bloke novega sistema obračunavanja omrežnine, ki se bo začel uporabljati naslednje leto;
- **določitev optimalne velikosti hranilnika EE in OVE** za potrebe povečanja prožnosti odjema s ciljem minimizacije stroškov, povezanih z dobavo EE.

## 5 REZULTATI ANALIZE

Raziskava je osredotočena na večjega industrijskega odjemalca s priključkom na 110 kV prenosno omrežje. Razlogi za izbor takšnega odjemalca so predvsem:

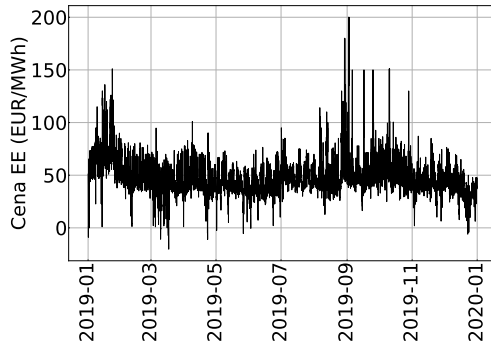
- stroški, povezani z dobavo EE, ki vključujejo omrežnino in stroške nakupa EE, pri velikih odjemalcih niso zanemarljivi in predstavljajo velik delež pri skupnih stroških podjetja;
- veliki odjemalci so izpostavljeni razmeram na veleprodajnem trgu EE; in
- veliki odjemalci so potencialni interesenti za investicije, s katerimi je mogoče povečati prožnost odjema in posledično ustvariti prihranke pri omrežnini in nakupu EE.

Slika 3 prikazuje odjem EE v letu 2019 izbranega odjemalca. Letna poraba EE znaša 123,51 GWh, letna konica je 26,06 MW, letnih obratovalnih ur pa je 4737,62 od maksimalno 8.760 ur. Privzeto je, da odjemalec kupuje EE na veleprodajnem trgu, in sicer na borzi BSP SouthPool. Ceno EE v letu 2019 prikazuje slika 4, povprečna vrednost znaša 48,75 EUR/MWh, kar je za današnje razmere izredno nizka vrednost.



Slika 3: Odjem EE v 2019

Za analizo je izbrano leto 2019, ker so le za to leto na razpolago preliminarne vrednosti tarifnih postavk po novem sistemu obračunavanja omrežnine (metodologija M1). Tarife za leto 2024, ko naj bi stopil v veljavo novi sistem, so še v pripravi.



Slika 4: Cena EE na BSP v 2019, [4]

Slika 5 podaja vrednosti tarifnih postavk trenutno veljavnega in novega sistema obračunavanja omrežnine za izbranega odjemalca. Po obstoječem sistemu obračunavanja omrežnine se ta odjemalec uvršča v odjemno skupino na napetostnem nivoju VN in z vrsto odjema 6000 ur  $> T \geq 2500$  ur, po novem sistemu obračunavanja omrežnine pa se uvršča v skupino z nivojem priključitve 4. Faktor presežne moči za leto 2019 ni določen, zato se privzema, da velja vrednost za leto 2024.

Tarifna postavka	Obstoječi sistem	Novi sistem	
		Višja sezona	Nižja sezona
Obračunska moč (EUR/kW/mesec)	0,98259	/	/
Prevzeta energija VT (EUR/kWh)	0,00139	/	/
Prevzeta energija MT (EUR/kWh)	0,00106	/	/
Dogovorjena obračunska moč 1 (EUR/kW/mesec)	/	1,85191	/
Dogovorjena obračunska moč 2 (EUR/kW/mesec)	/	0,93420	/
Dogovorjena obračunska moč 3 (EUR/kW/mesec)	/	0,21641	0,21641
Dogovorjena obračunska moč 4 (EUR/kW/mesec)	/	0,02827	0,02827
Dogovorjena obračunska moč 5 (EUR/kW/mesec)	/	0,00000	0,00000
Prevzeta energija 1 (EUR/kWh)	/	0,00456	/
Prevzeta energija 2 (EUR/kWh)	/	0,00450	/
Prevzeta energija 3 (EUR/kWh)	/	0,00443	0,00443
Prevzeta energija 4 (EUR/kWh)	/	0,00425	0,00425
Prevzeta energija 5 (EUR/kWh)	/	0,00391	0,00391
Faktor presežne moči*	/	0,90	0,90

\*Vrednost za leto 2024 privzeta tudi za leto 2019.

Slika 5: Tarifne postavke za izbranega odjemalca za obstoječi in novi sistem obračunavanja omrežnine za leto 2019, [2], [3]

V okviru raziskave so opravljene simulacije naslednjih scenarijev:

- **S0:** odjemalec z letnim odjemom na sliki 3 ne prilagaja svojega diagrama porabe. Gre za izhodiščni scenarij, za katerega je obračunana omrežnina po

obstoječem in novem sistemu. Poleg omrežnine je izračunan tudi letni strošek nakupa EE;

- **S1:** odjemalec z letnim odjemom na sliki 3 se s pomočjo prožnosti odjema prilagaja novemu sistemu obračunavanja omrežnine. Privzeta je prožnost  $\pm 20\%$  od načrtovanega odjema, in sicer v vsakem trenutku. Pri tem scenariju se odjemalec ne ozira na ceno EE na veleprodajnem trgu in poskuša s prožnostjo odjema minimizirati le strošek uporabe omrežja (omrežnino). Ta scenarij je pomemben, ker osvetljuje težavo, če se pri prilagajanju odjema ne upošteva razmer na trgu EE. Prav tako je ta scenarij zanimiv za odjemalce, ki imajo sklenjeno dolgoročno odprto pogodbo za nakup EE po fiksni ceni EE ali po višji (VT) in nižji (MT) ceni EE ter tako niso izpostavljeni razmeram na trgu EE. Pri odprti pogodbi količina dobavljene EE odjemalcu ni vnaprej določena, prav tako ni določen diagram porabe (vozni red). Strošek nabave EE se obračuna po dejanski porabi, stroškov zaradi odstopanj od voznega reda tudi ni. Pri simulaciji se upošteva, da je letna poraba EE kljub prilagajanju odjema nespremenjena. Pojasnilo je podano pri enačbi 28;

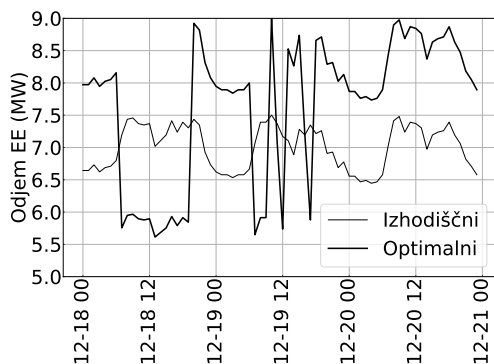
- **S2:** enak scenarij kot S1, pri čemer odjemalec prilagaja svoj odjem EE tudi glede na razmere na veleprodajnem trgu EE, ki jih prikazuje slika 4. Cilj je minimizirati celotne stroške, povezane z dobavo EE, torej omrežnino in letni strošek nakupa EE;
- **S3:** enak scenarij kot S1, pri čemer odjemalec sam po sebi ni prožen, vseeno pa se določena stopnja prožnosti doseže z investicijo v baterijski hranilnik EE. V simulaciji se upoštevajo 4 različice hranilnika z različno kombinacijo inštalirane moči in zmogljivosti, zato ima scenarij S3 4 podscenarije:
  - **S3.1.3:** 1 MW in 3 MWh,
  - **S3.1.6:** 1 MW in 6 MWh,
  - **S3.3.3:** 3 MW in 3 MWh,
  - **S3.3.6:** 3 MW in 6 MWh.

Izkoristek praznjenja in polnjenja baterije je nastavljen na 100 %, hranilnik pa v izhodiščnem stanju razpolaga z energijo v višini polovične kapacitete. Odjemalec se ne ozira na ceno EE na veleprodajnem trgu in s fleksibilnostjo odjema minimizira le omrežnino;

- **S4:** enak scenarij kot S3, pri čemer odjemalec s pomočjo hranilnika EE prilagaja svoj odjem tudi glede na razmere na veleprodajnem trgu EE, slika 4. Gre za minimizacijo celotnih stroškov, povezanih z dobavo EE, torej omrežnine in letnega stroška nakupa EE. Tudi ta scenarij zajema 4 podscenarije, ki upoštevajo različno kombinacijo inštalirane moči in zmogljivosti hranilnika EE: **S4.1.3**, **S4.1.6**, **S4.3.3**, **S4.3.6**.

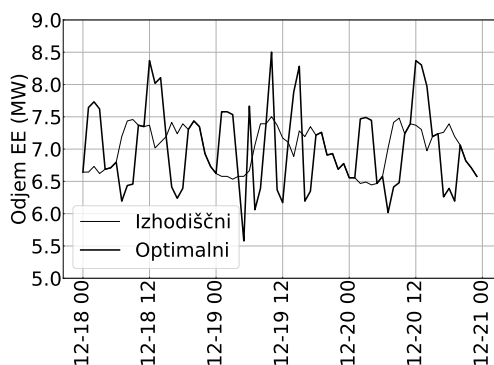
Slika 6 prikazuje predvideni  $P_k$  in optimalni diagram odjema  $Cm_{k,b}$  izbranega odjemalca za obdobje 3 dni v

decembru 2019, in sicer za scenarij S2. Pri tem scenariju je odjem prožen  $\pm 20\%$  od načrtovane vrednosti. Rezultati kažejo, da se odjem zmanjša v času visokih cen EE in tarifnih postavk, poraba pa se preseli v čas nižjih cen in tarif. Izrazita prožnost je izbrana iz razloga, da se poudari njen učinek na odjem.



Slika 6: Predvideni in optimalni diagram odjema za 3 dni v decembru 2019, scenarij S2

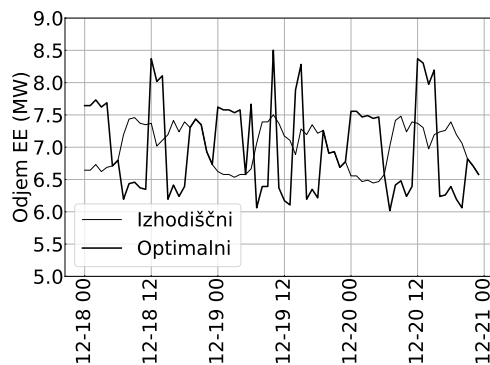
Slika 7 prikazuje predvideni  $P_k$  in optimalni diagram odjema  $C_{m_{k,b}}$  izbranega odjemalca za obdobje 3 dni v decembru 2019, in sicer za scenarij S4 s hranilnikom EE moči 1 MW in zmogljivosti 3 MWh. Ponovno se kaže učinek razpoložljive prožnosti na diagram porabe, a v primerjavi s  $\pm 20\%$  prožnostjo pri scenariju S2 je pri tem scenariju učinek skromnejši, kar potrjujejo tudi rezultati v nadaljevanju, ki predstavljajo prihranke, dosežene s prožnostjo odjema.



Slika 7: Predvideni in optimalni diagram odjema za 3 dni v decembru 2019, scenarij S4, hranilnik 1 MW in 3 MWh

Slika 8 prikazuje predvideni  $P_k$  in optimalni diagram odjema  $C_{m_{k,b}}$  izbranega odjemalca za obdobje 3 dni v decembru 2019, in sicer za scenarij S4 s hranilnikom EE moči 1 MW in zmogljivosti 6 MWh. Ker gre za večji hranilnik z večjo fleksibilnostjo v primerjavi s hranilnikom pri scenariju S3, je večji tudi učinek – večji so prihranki, predstavljeni v nadaljevanju.

Slika 9 podaja osrednje rezultate študije. Prikazani so omrežnina in stroški za nakup EE za izbranega odjemalca za vse scenarije in podscenarije ob upoštevanju



Slika 8: Predvideni in optimalni diagram odjema za 3 dni v decembru 2019, scenarij S4, hranilnik 1 MW in 6 MWh

cenika na sliki 5. Za uvod so za scenarij S0 izračunani stroški po obstoječem sistemu obračunavanja omrežnine, izhodišče za razpravo pa so rezultati za scenarij S0 za novi sistem obračunavanja omrežnine. Slika 9 podaja tudi število ekvivalentnih ciklov hranilnika za vse scenarije, kar je pomemben podatek za izračun življenjske dobe naprave.

Slika 10 izhaja iz slike 9 in podaja prihranke za izbranega odjemalca za vse scenarije glede na scenarij S0.

Obstoječi sistem				
Scenarij	Omrežnina (EUR)	Nakup EE (EUR)	Skupaj (EUR)	Št. ekv. ciklov
S0	400.312,94	5.767.971,62	6.168.284,57	/

Novi sistem				
Scenarij	Omrežnina (EUR)	Nakup EE (EUR)	Skupaj (EUR)	Št. ekv. ciklov
S0	962.304,00	5.767.971,62	6.730.275,62	/
S1	960.492,76	5.637.359,55	6.597.852,31	/
S2	961.246,43	5.558.852,22	6.520.098,65	/
S3.1.3	961.908,98	5.746.594,93	6.708.503,91	704,67
S3.1.6	961.629,45	5.730.969,07	6.692.598,52	526,77
S3.3.3	961.872,11	5.749.559,80	6.711.431,91	1.075,17
S3.3.6	961.503,69	5.729.424,40	6.690.928,09	821,01
S4.1.3	962.179,83	5.721.924,86	6.684.104,70	864,60
S4.1.6	962.245,95	5.702.468,94	6.664.714,89	583,32
S4.3.3	962.207,58	5.708.766,11	6.670.973,69	1.250,28
S4.3.6	962.288,27	5.669.232,45	6.631.520,72	933,25

Slika 9: Stroški, povezani z dobavo EE, po scenarijih

Prihranki v primerjavi s scenarijem S0			
Scenarij	Omrežnina (EUR)	Nakup EE (EUR)	Skupaj (EUR)
S1	1.811,24	130.612,08	132.423,32
S2	1.057,57	209.119,40	210.176,97
S3.1.3	395,02	21.376,69	21.771,71
S3.1.6	674,55	37.002,55	37.677,10
S3.3.3	431,88	18.411,83	18.843,71
S3.3.6	800,31	38.547,23	39.347,53
S4.1.3	124,16	46.046,76	46.170,93
S4.1.6	58,05	65.502,69	65.560,73
S4.3.3	96,41	59.205,52	59.301,93
S4.3.6	15,73	98.739,18	98.754,91

Slika 10: Prihranki po scenarijih v primerjavi s scenarijem S0

**Ugotovitev 1:** z novim sistemom obračunavanja omrežnine bi se ob tarifah na sliki 5 za obravnavanega odjemalca omrežnina povečala s 400.321,94 EUR na 962.304,00 EUR, kar pomeni skok za 240,39 %. Ugotovitve ne moremo posploševati na vse odjemalce in je treba nujno opraviti podrobne analize.

**Ugotovitev 2:** večji prihranki so pri simulaciji scenarijev S1 in S2 s  $\pm 20$  % prožnostjo odjema kot pri scenarijih S3 in S4 s hranilnikom EE, a vprašanje je, če je  $\pm 20$  % prožnost realna, saj gre za privzetek. Bistvena je predvsem razlika pri prihrankih scenarijev S1 (132.423,32 EUR) in S2 (210.176,97 EUR), ki nakazuje na smiselnost optimizacije celotnih stroškov, povezanih z dobavo EE, in ne le omrežnine. Enak zaključek sledi tudi iz primerjave prihrankov scenarijev S3 in S4. Definitivno je treba s prožnostjo odjema poleg omrežnine minimizirati tudi strošek nakupa EE.

**Ugotovitev 3:** ne glede na to, ali odjemalec s prožnostjo odjema minimizira le omrežnino ali omrežnino in strošek nakupa EE, so prihranki, kar zadeva omrežnino, skromni. Vprašanje je, ali so omrežninske tarifne postavke na sliki 5 upoštevane pri simulaciji, dovolj stimulatивne za prilagajanje odjema na prenosnem omrežju. Večji učinek se pozna pri stroških nakupa EE.

**Ugotovitev 4:** pri minimizaciji omrežnine in stroška nakupa EE se v primerjavi z minimizacijo samo omrežnine izkaže, da je omrežnina višja, vendar so prihranki na strani nakupa EE tolikšni, da pokrijejo povišanje omrežnine. Očitno gre pri simulaciji za energetsko intenzivnega odjemalca, ki kupuje velike količine EE in se prilagajanje odjema cenam EE močno odraža v prihrankih.

**Ugotovitev 5:** zanimiva opazka pri scenarijih, kjer odjemalec minimizira le omrežnino (scenarija S1 in S3), je, da se je strošek nakupa EE tudi zmanjšal, čeprav ni zajet v optimizaciji. Prihranek ni rezultat optimizacije, ampak je rezultat slučajnih razmer. Očitno v tem primeru visoke cene EE na trgu časovno sovpadajo z bloki z visokimi omrežninskimi tarifami. Ko se odjemalec s prožnostjo odjema izmika visokim tarifam, se izmika tudi visokim cenam EE. Da gre res le za slučaj, potrjujejo rezultati podscenarijev S3.1.3 in S3.3.3. Opazimo lahko, da so skupni prihranki večji pri manjšem hranilniku z močjo 1 MW in zmogljivostjo 3 MWh kot pri hranilniku z močjo 3 MW in zmogljivostjo 3 MWh. Dejstvo je, da pri obeh scenarijih odjemalec minimizira s hranilniki le omrežnino in je pri tem uspešnejši večji hranilnik, saj je prihranek 431,88 EUR. Z manjšim hranilnikom je prihranek 395,02 EUR, kar je pričakovan rezultat. Po slučaju pa manjši hranilnik daje večje prihranke pri nakupu EE v primerjavi z večjim hranilnikom. V tem primeru torej visoke cene EE ne sovpadajo z bloki z visokimi omrežninskimi tarifami.

**Ugotovitev 6:** pri hranilniku EE sta pomembna parametra inštalirana moč in zmogljivost. Analiza rezultatov podscenarijev scenarija S4 kaže, da ima zmogljivost hra-

nilnika večji vpliv na skupne stroške, povezane z nabavo EE, kot pa inštalirana moč. S 6 MWh hranilnikom z močjo 1 MW pri podscenariju S4.1.6 je mogoče doseči za 19.389,81 EUR več prihranka (izračunano kot razlika med 65.560,73 EUR in 46.170,93 EUR) kot z dvakrat manjšim hranilnikom, tj. 3 MWh hranilnikom enake moči pri podscenariju S4.1.3. Po drugi strani pa trikratno povečanje inštalirane moči hranilnika z 1 MW pri podscenariju S4.1.3 na 3 MW pri podscenariju S4.3.3 prinese 13.131,00 EUR več prihranka (izračunano kot razlika med 59.301,93 EUR in 46.170,93 EUR). V obeh primerih je zmogljivost hranilnika 3 MWh. Podobna ugotovitev izhaja tudi iz druge primerjave hranilnikov. S prehodom s hranilnika z močjo 1 MW in zmogljivostjo 6 MWh na hranilnik s trikratno močjo, tj. močjo 3 MW in enako zmogljivostjo, se prihranek poveča za 33.194,17 EUR (izračunano kot razlika med 98.754,91 EUR in 65.560,73 EUR). S prehodom hranilnika z močjo 3 MW in zmogljivostjo 3 MWh na hranilnik z dvojno zmogljivostjo, tj. 6 MWh, in enako inštalirano močjo pa je prihranek večji za 39.452,98 EUR (izračunano kot razlika med 98.754,91 EUR in 59.301,93 EUR). V grobem se kaže, da dvakratno povečanje zmogljivosti hranilnika daje več prihranka kot trikratno povečanje inštalirane moči, zato lahko sklepamo, da je pri izboru primernega hranilnika EE smiselno več pozornosti dati zmogljivosti naprave in manj inštalirani moči. Če želimo ugotoviti, kateri parameter hranilnika ima večji učinek na prihranke, je treba opraviti obsežnejše analize.

**Ugotovitev 7:** za analiziranega odjemalca z odjemom na sliki 3 in pri omrežninskih tarifah na sliki 5 ter tržnih cenah EE na sliki 4 je vprašljiva ekonomska upravičenost investicije v hranilnik EE za namen minimizacije stroškov, povezanih z nabavo EE, saj se skupni prihranki gibajo med 18.843,71 EUR in 98.754,91 EUR na leto. Pri oceni ekonomske upravičenosti je ključen podatek tudi življenjska doba naprave, ki se pri hranilnikih določi na podlagi izvedenega števila ciklov polnjenja in praznjenja. Upoštevati je treba še najmanj investicijsko vrednost hranilnika, stroške financiranja in pa dejstvo, da so pri današnjih cenah EE, ki so nekajkrat višje od teh, uporabljenih pri simulaciji, prihranki za nakup EE lahko višji. Prav tako Agencija za energijo pripravlja nove omrežninske tarifne postavke, ki bodo vplivale na izračune.

## 6 ZAKLJUČEK

Z marcem 2024 se uvaja nov način obračunavanja omrežnine za odjemalce električne energije. Študija obravnava učinke prilagajanja odjema EE na stroške, povezane z dobavo EE, ki zajemajo omrežnino in stroške za nakup EE. Poleg indetificiranih rešitev je mogoče odjem prilagajati tudi s hranilniki EE. Izsledke, ki izhajajo iz izvedene simulacije, je mogoče strniti v nekaj točk:

- pri preliminarnih omrežninskih postavkah iz leta 2019 bi se obravnavanemu odjemalcu omrežnina



povečala za 240,39 %, če svojega odjema med letom ne bi prilagajal novim razmeram – bodisi ker mu tega ne dovoljujejo njegovi proizvodni procesi in ne razpolaga s prožnostjo odjema bodisi ker ni izvedel investicij v povečanje prožnosti odjema;

- s prožnostjo odjema je smiselno minimizirati vse stroške, povezane z nabavo EE, torej omrežnino in stroške nakupa EE, in ne le omrežnine;
- pri simuliranemu odjemalcu je večje prihranke mogoče doseči na strani nakupa EE in ne na strani omrežnine, ker gre za energetske intenzivnega odjemalca (veliko energije), priključenega na prenosni sistem (nižja omrežnina);
- za prilagajanje odjema je pri simuliranemu odjemalcu in verjetno tudi na splošno bolj pomembna zmogljivost hranilnika EE kot pa njegova inštalirana moč,
- pri izvedeni simulaciji doseženi prihranki, še posebej prihranki pri omrežnini, najverjetneje ne upravičujejo investicije v hranilnik EE.

Nadaljnje raziskave bi bilo smiselno osredotočiti na vprašanja:

- ali so omrežninske tarifne postavke dovolj spodbudne za odjemalce različnih tipov za prilagajanje odjema;
- ali so časovni bloki usklajeni z razmerami na trgu EE, saj bodo večji odjemalci, ki kupujejo EE na trgu, bolj sledili tržnim cenam EE in manj omrežnini;
- ali so časovni bloki in tarife določeni tako, da odjemalce spodbujajo k zmanjšanju porabe v kritičnih trenutkih, ko bo EES močno obremenjen in ga bo treba razbremeniti;
- ali bi bilo smiselno ločeno obravnavati in z novim sistemom obračunavanja omrežnine posebej zaobjeti razmere na omrežjih VN, SN in NN, saj je največ težav s preobremenitvijo na omrežju NN in je smiselno na tem nivoju prilagajati odjem. Po drugi strani sistem VN ni kritično obremenjen in prilagajanje odjema na tem nivoju ne rešuje težav na omrežju NN;
- ali so časovni bloki in tarife določeni tako, da poleg obremenitve EES upoštevajo tudi pričakovano proizvodnjo EE iz OVE (predvsem sonca), elektrifikacijo prometa, povečano število toplotnih črpalk, prihod vodikovih tehnologij in hranilnikov EE;
- kako vzpostaviti ekonomsko in družbeno-socialno odgovoren sistem za obračunavanje omrežnine, ki ne bo oglobil odjemalcev, ki zaradi narave svoje dejavnosti nimajo prožnega odjema EE oz. jim investicije za povečanje prožnosti odjema pomenijo prevelik strošek. Smiselna bi bila tudi uvedba sistema nagrajevanja odjemalcev, ki bodo s prilagajanjem odjema pripomogli k izpolnjevanju postavljenih ciljev v okviru zelenega prehoda energetike. Ne glede na sistem obračunavanja omrežnine pa je treba za-

gotoviti dovolj sredstev za vse potrebne investicije v prenosno in distribucijsko omrežje. Razmisliti bi bilo dobro o uvedbi državnega podpornega sistema za sofinanciranje vzpostavljanja fleksibilnosti odjemalcev pod okriljem resornega ministrstva, saj uvažanje novega sistema za obračunavanje omrežnine nikakor ne bi smelo potekati ločeno, ker gre za velike spremembe, s katerimi se bo soočilo celotno gospodarstvo in tudi gospodinjstva. Tako bi bil nov sistem za obračunavanje omrežnine dejansko lahko prepoznan kot priložnost za odjemalce, da prevzamejo aktivnejšo vlogo pri oblikovanju energetske prihodnosti, in ne le kot podražitev storitve prenosa EE.

## LITERATURA

- [1] Agencija za energijo, "Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje", Uradni list RS, št. 146/22, 161/22, 50/23 in 71/23.
- [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 – ZOEE, 123/22 in 146/22.
- [3] EIMV, Comillas Pontifical University, "Prenova metodologije obračunavanja omrežnine in tarifnega sistema", Študija št.: 2507, 2021.
- [4] BSP Energetska Borza, <https://www.bsp-southpool.com/rezultati-trgovanja-slovenija.html>, dostopano: 18. 8. 2023.

**Miloš Pantoš** je leta 2001 diplomiral in leta 2005 doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Na isti fakulteti je redni profesor in vodja Laboratorija za elektroenergetske sisteme. Pedagoško in raziskovalno se ukvarja z obratovanjem, načrtovanjem, vzdrževanjem, vodenjem in zaščito elektroenergetskih sistemov, trgovanjem z električno energijo ter optimizacijami v energetiki.

**Lucija Lukas** je leta 2014 diplomirala na Fakulteti za arhitekturo na Tehnični univerzi v Gradcu v Avstriji. Po končani enoletni praksi v Zürichu je delovala kot arhitekturni projektant na Dunaju, kjer je sodelovala na večjih projektih, ki so med ostalim zahtevali tudi celostno konceptualno načrtovanje in organizacijo energetskega projekta. Od začetka leta 2023 deluje kot raziskovalka na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani na področju iskanja inovativnih elektroenergetskih rešitev v soodvisnosti z arhitekturo.