ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne instalacije

ANALIZA OBRATOVANJA SLOVENSKEGA ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA V ČASU EPIDEMIJE KORONAVIRUSA S POMOČJO PROGRAMA PROCOS

Mentor: mag. Georgi Zlatarev
Kandidat: Anže Rakovec
Lektorica: Barbara Leban, prof. slov.

Ljubljana, avgust 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Georgiju Zlatarevu za ves trud in pomoč pri pripravi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektoriciBarbari Leban, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebna zahvala gre tudi mojim staršem, sestri in prijateljem za vso spodbudo in podporo.

IZJAVA

Študent Anže Rakovec izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Georgija Zlatareva.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____ Podpis: _____

POVZETEK

Pri načrtovanju obratovanja EES moramo upoštevati tehnični in ekonomski vidik. Pomagamo si z napovedjo obremenitev s pomočjo periodičnih in naključnih komponent. Naredili smo analizo krivulj trajanja obremenitev (izravnanost). Koronavirus, ki se je pojavil leta 2020 in je bil v letu 2021 še vedno prisoten, je vplival na porabo električne energije in obliko dnevnih diagramov obremenitve. Naredili smo analizo porabe električne energije (moč – energija) v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 s programom PROCOS s pomočjo modelov tedenskih obremenilnih diagramov po urah.Obenem smo z istim programom in predvidenimi razmerami v letu 2027 izračunali, kakšen naj bi bil takrat konzum električne energije. Ugotovili smo, da je obremenitev EES v času koronavirusa bolj neenakomerna, da so bili obratovalni faktorji manjši, da pa se je ta razlika začela sčasoma manjšati. Z našo napovedjo za leto 2027 smo naredili simulacijo obratovanja slovenskega sistema in potrdili ugotovitev, da proizvodni del sistema ne more pokrivati porabe brez uvoza električne energije.

KLJUČNE BESEDE

- elektroenergetski sistem
- krivulje trajanja obremenitev
- simulacije dolgoročnega obratovanja EES
- koronavirus

ABSTRACT

Both, the technical and the economic aspect, as well as forecasting loads based on periodic and random components must be taken into consideration when planning the operation of the electricity system. We made an analysis of load duration curves (levelling). The coronavirus, which broke out in 2020 and was still present in 2021, affected the electricity consumption as well as the shape of daily load diagrams. We made an analysis of electricity consumption (power – energy) for the years 2017–2021 with the help of models of weekly load diagrams by hours using the PROCOS program. We also calculated what the electricity consumption should be in 2027 using the same program and predicted conditions. We determined that the electricity system load was more uneven during the coronavirus times, and that the operating factors were lower, however this difference began to decrease over time. With our predictions for the year 2027, we simulated the operation of the Slovenian electricity system and confirmed the supposition that the production part of the system cannot cover the consumption without importing electricity.

KEY WORDS

- Electricity system
- Load duration curves
- Simulations of long-term operation of ES
- The coronavirus

KAZALO

1 UVOD 1
2 TEORETIČNE OSNOVE 2
2.1 Elektroenergetski sistem 2
2.1.1 Modeliranje porabe 2
2.1.2 Obratovanje termoelektrarn 4
2.1.3 Plinske elektrarne 6
2.1.4 Termoelektrarne s SPTE 6
2.1.5 Hidroelektrarne 6
2.1.6 Črpalne hidroelektrarne 8
2.1.7 Obratovanje sončne elektrarne 8
2.1.8 Obratovanje drugih tipov elektrarn 8
2.1.9 Čezmejno trgovanje z električno energijo 9
3 SLOVENSKI ELEKTROENERGETSKI SISTEM 9
3.1 Vodenje slovenskega EES 9
3.1.1 Napovedovanje porabe električne energije 9
3.1.2 Porazdelitvena funkcija 10
3.2 Program PROCOS 11
3.2.1 Elektrarne v EES Slovenije 12
4 STANJE EPIDEMIJE 13
4.1 Vpliv epidemije na gospodarstvo 13
5 ANALIZA PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE 14
5.1 Prevzem električne energije iz prenosnega omrežja 14
5.2 Maksimalni prevzem po tednih v letih 2017 do 2021 v času visoke in nizke obremenitve – izbira časovnih intervalov 15
5.2.1 Maksimalne dosežene enourne moči prevzema po letih 16
5.2.2 Letni obratovalni faktor 17
5.3 Obdelava konzuma s programom PROCOS 17
5.3.1 Poraba električne energije – krivulje trajanja obremenitev (LDC) 17
5.3.2 Delež prevzema električne energije v času nizke in visoke obremenitve 22
5.3.3 Povprečni prevzem električne energije po dnevih v tednu 23
6 SIMULACIJA DOLGOROČNEGA PLANIRANJA OBRATOVANJA EES S PROGRAMOM PROCOS 24
6.1 Postavitev modela za izračun enoletnega obratovanja sistema 24
6.1.1 Modeliranje obremenitve sistema 25
6.1.2 Elektrarne v obratovanju in načrtovane nove elektrarne 25
6.1.3 Modeliranje proizvodnje hidroelektrarn 25
6.2 Analiza obratovanja sistema leta 2027 27
7 ZAKLJUČEK 29
8 LITERATURA IN VIRI 30
PRILOGA 34

KAZALO SLIK

Slika 1: Obremenilni diagram 3
Slika 2: Idealizirana oblika vhodno izhodne karakteristike termoagregata 5
Slika 3: Urejeni diagram možne proizvodnje HE 7
Slika 4: Graf a) obremenilni diagram v časovnem obdobju T, b) funkcija gostote verjetnosti p(c) za obremenilni diagram grafa a in c) kumulativna porazdelitvena funkcija P(x) iz p(x) grafa b 11
Slika 5: Prevzem električne energije po letih v GWh..... 15
Slika 6: Krivulje trajanja obremenitev (LDC) 27. tedna za obravnavana leta: 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021..... 20
Slika 7: Krivulje trajanja obremenitev (LDC) 29. tedna za obravnavana leta: 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021..... 21
Slika 8: Prikaz deležev prevzema v času nizke in visoke obremenitve elektroenergetskega sistema Slovenije v % od leta 2017 do 2021 22
Slika 9: Odstopanje povprečnega prevzema v dnevih v tednu med leti 2020 in 2021 od povprečnega prevzema po dnevih v tednu leti 2017–2019 v odstotkih 23
Slika 10: Proizvodnja HE po tednih ob 80 % verjetnosti hidrologije 26
Slika 11: Obratovanje agregatov TE Šoštanj 6 in TE Šoštanj 5 v letu 2027 28

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prevzem električne energije iz prenosnega omrežja..... 15
Tabela 2: Maksimalni urni prevzem v MWh v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 16
Tabela 3: Obratovalni faktorji v letih od 2017 do 2021 17
Tabela 4: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2017 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 18
Tabela 5: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2018 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 18
Tabela 6: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2019 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 19
Tabela 7: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2020 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 19
Tabela 8: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2021 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 20

Tabela 9: Povprečen prevzem po dnevih v tednu v MWh med leti 2017–2021 z dodanim izračunanim povprečjem v obdobju 2017–2019 23
Tabela 10: Pokrivanje potreb po električni energiji v letu 2027 v Sloveniji (simulacija obratovanja brez uvoza) 27

KRATICE IN AKRONIMI

BDP: bruto domači proizvod
EES: elektroenergetski sistem
UCTE: Union for the Coordination of the Transmission of Electricity - Zveza za koordinacijo prenosnih omrežij Evrope
SPTE: soproizvodnja toplote in elektrike
NEK: Nuklearna elektrarna Krško
NE: nuklearna elektrarna
TE: termoelektrarna
HSE: Holding Slovenske elektrarne
PE: plinska elektrarna
URE: učinkovita raba energije
DEM: Dravske elektrarne Maribor
SEL: Savske elektrarne Ljubljana
HESS: Hidroelektrarne na Spodnji Savi
HE: hidroelekrarna
SENG: Soške elektrarne Nova Gorica
EIMV: Elektroinštitut Milana Vidmarja
OVE: obnovljiv vir energije
LDC: Load duration curve – Krivulja trajanja obremenitve
WHO: World Health Organization – Svetovna zdravstvena organizacija
IEA: International Energy Agency – Mednarodna energetska agencija
ČE: črpalna elektrarna
ENS: Energy Non Served – nedobavljena energija

1 UVOD

Električna energija je v sodobnem svetu nekaj povsem običajnega. Ko pridemo zvečer domov, že podzavestno pritisnemo na stikalo za vklop luči. Če se ta ne prižge, predvidevamo, da je pregorela žarnica. Da bi ostali brez električne energije, pa četudi le za kratek čas, je v Sloveniji dandanes redkost.

To nam omogoča skrbno vodenje elektroenergetskega sistema, ki skrbi za ravnovesje med proizvodnjo in porabo. Pri tem je ključno sodelovanje med posameznimi organi elektroenergetskega sistema, tudi mednarodno, ter napovedovanje prevzema in načrtovanje proizvodnje električne energije.

V nalogi analiziramo porabo električne energije – obliko obremenilnih diagramov in obratovanje sistema. Za delovanje celotnega sistema je ključna infrastruktura ter zagotavljanje potrebnih rezerv. Potrebno je tudi ustrezno prenosno omrežje, ki nam omogoča, da elektriko dostavimo porabnikom.

Pomembna je napoved obremenitve, na podlagi katere se načrtuje uporaba posameznih agregatov za pokrivanje konzuma, na katerega se bomo v tej nalogi osredotočili. Ta temelji na ponovljivosti glede na pretekle podobne dogodke. Raziskali bomo vpliv izrednega dogodka – epidemije, ki je bila v Sloveniji razglašena 12. marca 2020 in 19. oktobra 2020 – na porabo električne energije s pomočjo programa PROCOS. Cilji naloge so predstaviti razliko v karakteristiki porabe električne energije na območju Republike Slovenijev času epidemije in pred njo.

V nalogi se bomo omejili na uporabo podatkov urne porabe električne energije prenosnega omrežja v Sloveniji v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021. Z opisno metodo bomo predelali teorijo in problematiko. Potem bomo uporabili analitično metodo za razdelitev podatkov na posamezne tedne in na območja nizke ter visoke tarife cene električne energije in jih obdelali s programom PROCOS. Nato bomo te med seboj primerjali s primerjalno metodo in iz rezultatov predstavili svojo napoved porabe električne energije.

Naloga obravnava dolgoročno načrtovanje obratovanja sistema (v Sloveniji je to časovno obdobje enega leta). V nalogi analiziramo obratovanje slovenskega proizvodnega sistema v letih 2017–2021 v času pojava koronavirusa in njegov vpliv na porabo električne energije (oblika dnevnih diagramov obremenitve) v Sloveniji.

2 TEORETIČNE OSNOVE

"Električna energija je eden temeljev sodobnega načina življenja in dejavnik, ki omogoča tehnološki razvoj." (Skupina GEN, 2020 a)
V sodobnem svetu si težko predstavljamo vsakodnevna opravila brez elektrike. Z njo se srečujemo pri domačih opravilih, v industriji, zdravstvu, prometu in na mnogih drugih področjih (Skupina GEN, 2020 a). S poganjanjem raznih naprav nam prihrani čas, omogoča, da so opravila narejena bolj učinkovito in posledično ustvarja dobiček (Klimstra & Hotakainen, 2011).

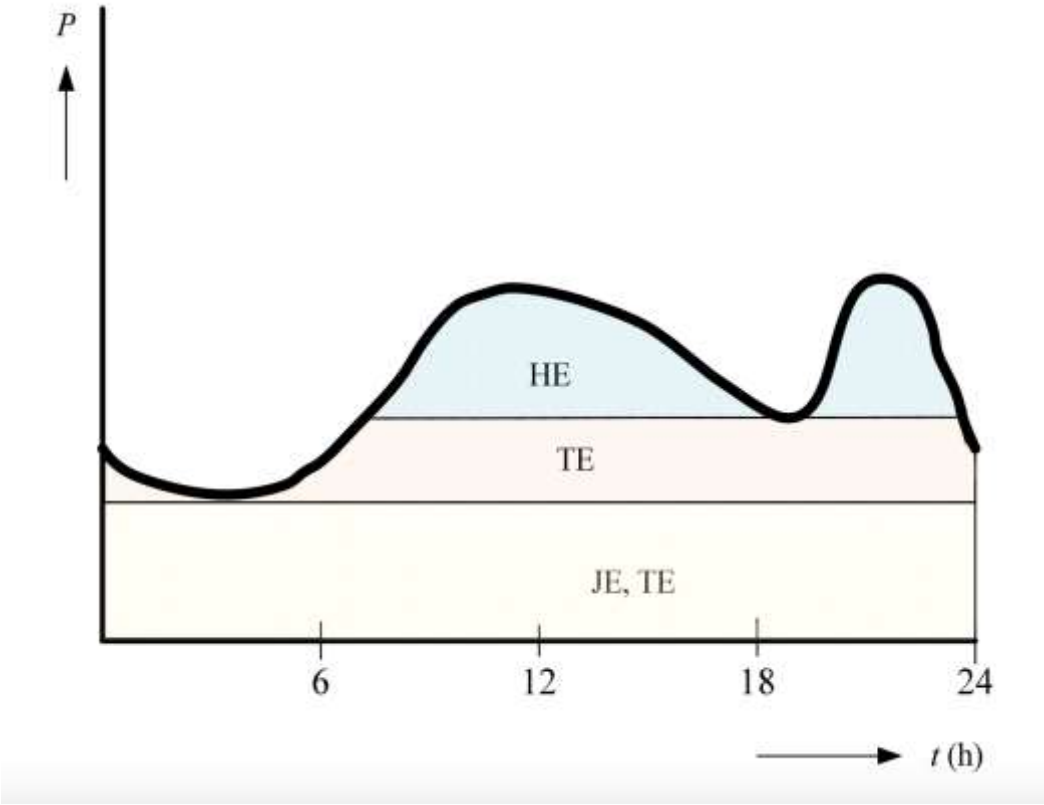
Obstaja neposredna povezava med količino porabe elektrike na prebivalca in razvitostjo države. Pri večji porabi električne energije v kilovatnih urah (kWh) na prebivalca ima država višji bruto domači proizvod (BDP) na prebivalca (Klimstra & Hotakainen, 2011).

2.1 ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Elektroenergetski sistem (EES) skrbi za proizvodnjo, prenos in distribucijo električne energije (Prezeljin drugi, 2017). Je skupek vseh postrojev in naprav, ki skrbijo za vzdrževanje ravnotežja med proizvodnjo in porabo (Bakič, Gubina, Pirnat, Senčar, & Voršič, 2001). Neravnovesje se kaže v odstopanju nazivne frekvence sistema. Če je poraba večja od proizvodnje, se frekvenca zniža, če pa je proizvodnja večja od porabe, se frekvenca zviša (Hrovatin, 2009). V evropskem povezanem sistemu (interkonekcija UCTE) se frekvenca vzdržuje na zahtevani frekvenci 50 Hz in redkokdaj pride do odstopanja. Odstopanja se potem nadomestijo z vzdrževanjem točnosti ure (frekvenca sledi uri:pospeši ali upočasni). Da lahko vzdržujemo ravnovesje v sistemu, moramo načrtovati proizvodnjo električne energije. Potrebno je usklajevanje delovanja elektrarn. Pri tem so pomembni tehnični in ekonomski vidiki obratovanja. Za doseganje tehničnega optimuma je potrebno slediti racionalni rabi proizvodnih sredstev in uporabe agregatov (Prezelj in drugi, 2017).

2.1.1 MODELIRANJE PORABE

Potreba po električni energiji v celotnem sistemu je preko dneva različna. Prikažemo jo lahko z obremenilnim diagramom (Hrovatin, 2009).



Slika 1: Obremenilni diagram
(Vir: Horvatin, 2009)

Diagramu določimo tri pasove obremenitve:
- zgornji, vršni del,
- srednji, trapezni del,
- spodnji, konstantni del.

(Hrovatin, 2009)

Zaradi ekonomskih in tehničnih vidikov so za pokrivanje posameznih pasov primernejši različni tipi elektrarn. Za konstantni del (obremenitev v pasu) so najbolj primerne jedrske elektrarne in termoelektrarne (na trda goriva ali plin), ker pri njih hitre spremembe obratovalne moči povzročajo veliko obremenitev na opremo in posledično povečajo obrabo (Prezelj in drugi, 2017). Tem elektrarnam pravimo tudi bazne (Hrovatin, 2009). Za trapezni del se uporabljajo hidroelektrarne in manjše termoelektrarne (Prezelj in drugi, 2017). Elektrarnam, ki pokrivajo ta del, pravimo tudi regulacijske elektrarne (Hrovatin, 2009). Hidroelektrarne, ki imajo možnost akumuliranja vode (v Sloveniji nekajurno akumulacijo), se uporabljajo v zgornjem delu za pokrivanje višjih obremenitev. Pri hitrih spremembah so zaradi velike prilagodljivosti uporabne tudi plinske elektrarne, ki pa se zaradi visoke cene goriva večinoma uporabljajo kot rezervne kapacitete (Prezelj in drugi, 2017). Tem elektrarnam pravimo vršne elektrarne (Hrovatin, 2009).

Elektrarne, ki delujejo na obnovljive vire in/ali s soproizvodnjo električne ter toplotne energije, imajo zaradi trenutne zakonodaje zagotovljen odkup. Ker pa so v veliki meri odvisne od trenutnih naravnih pogojev, tehnično ne predstavljajo stabilnega vira. Zaradi te odvisnosti predstavljajo za sistem dodatno nestabilnost (Prezelj in drugi, 2017).
Prenosno omrežje je povezava med proizvodnjo in distribucijo. Distribucijsko omrežje pa omogoča distribucijo električne energije porabnikom (Prezelj in drugi, 2017).

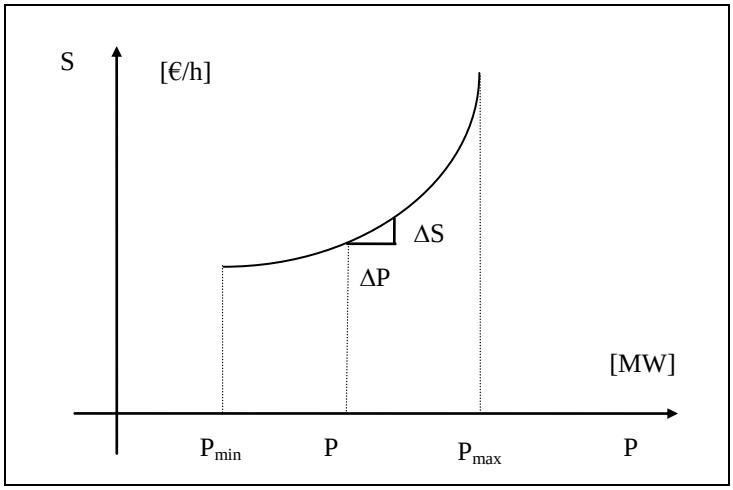
2.1.2 OBRATOVANJE TERMOELEKTRARN

Termoelektrarne električno energijo pridobivajo preko toplote s sežiganjem fosilnih goriv (Wikipedia, 2019). Pri proizvodnji so neodvisne od vremenskih razmer (Skupina GEN, 2020 b). Poznamo več vrst termoelektrarn. Za potrebe te naloge so pomembne termoelektrarne na premog, plinske elektrarne in termoelektrarne s soproizvodnjo toplote in elektrike (SPTE).
Ta tip elektrarne s sežiganjem premoga v kotlu pridobiva toploto, s katero v uparjalcu segreva in upari vodo. Para se pod visokim pritiskom sprosti v turbino, kjer potiska na lopatice in jih vrti. Z vrtenjem turbina poganja električni generator, ki proizvaja elektriko (Skupina GEN, 2020 c).
Osnovni podatek vsakega termoagregata je vhodno – izhodna karakteristika porabe toplote (ali stroški za toploto) v odvisnosti od izhodne moči

$$S = S(P_{TE})$$

P_{TE} - moč termoagregata na pragu termoelektrarne v [MW]
S - stroški porabe toplote agregata v [€/h] ([MJ/h])

V izračunih kratkoročnega načrtovanja obratovanja sistema (do enega tedna) se navadno uporablja aproksimacija vhodno – izhodne karakteristike termoagregata polinom druge stopnje. Za izračun dolgoročnega načrtovanja obratovanja (do enega ali nekaj let) se navadno uporablja nekaj točk iz vhodno-izhodne karakteristike (v izračunih smo uporabili tri) (Zlatarev, 2018).
Sprememba stroškov porabe goriva ΔS_{TE} agregata v neki točki obratovanja P_{TE} za spremembo moči ΔP_{TE} predstavlja inkrementne stroške agregata (slika 2).



Slika 2: Idealizirana oblika vhodno izhodne karakteristike termoagregata
(Vir: Zlatarev, 2018)

Po podatkih Smart power generation je investicija izgradnje sodobnega objekta med 1500 in 1700 €/kW, izkoristek energije goriva za proizvod električne energije pa med 36 in 40 %, odvisno od kvalitete premoga (Klimstra & Hotakainen, 2011). E-svet piše o izkoristku do 48 % (Skupina GEN, 2020 c) . Smart power generation navaja ceno goriva 4 €/GJ za kvalitetnejši premog, 3 €/GJ za manj kvalitetni lignit (pred krizo). Pri izgorevanju premoga nastajajo emisije CO_2, povprečno 820 g/kWh pri gorenju kvalitetnejšega premoga in povprečno 1030 g/kWh pri gorenju lignita (Klimstra & Hotakainen, 2011).
Pri vodenju obratovanja termoelektrarn v EES je pomemben podatek zagonski čas elektrarne do sinhronizacije s sistemom. Termoelektrarne imajo dolg zagonski čas. Smart power generation navaja podatek 300 minut oziroma 5 ur v primeru toplega zagona termoagregata, v primeru hladnega zagona pa do 720 minut oziroma 12 ur, kar je odvisno tudi od nazivne moči agregata (Klimstra & Hotakainen, 2011).
Naveden izkoristek dosegajo le pri visoki in konstantni obremenitvi, pri nižji ta hitro pade in termoelektrarne pri teh ne morejo proizvajati električne energije (Hrovatin, 2009).
Če strnemo, je termoelektrarna zaradi dolgih zagonskih časov najbolj primerna za proizvodnjo električne energije v pasu (Prezelj in drugi, 2017), kjer je potrebna konstantna obremenitev. Uporablja se tudi za trapezne obremenitve (Hrovatin, 2009), kjer je te potrebno vnaprej načrtovati, da agregat pravočasno zaženemo (Gubina & Ogorelec, 1997).
V EES Slovenije obratujejo naslednje večje termo enote: Nuklearna elektrarna Krško (NEK) in dva agregata v TE Šoštanj.
NEK: agregat obratuje z močjo 690 MW, od tega polovica pripada hrvaškemu sistemu. NE Krško deluje kot samostojni subjekt na trgu električne energije. Elektrarna ne sodeluje pri pokrivanju variabilnega dela, obratuje v pasu. Na

zmanjšanje proizvodnje elektrarne lahko vplivajo nizki dotoki vode na reki Savi, ker se voda uporablja za hlajenje.
Elektrarna Šoštanj deluje v sklopu HSE. V elektrarni sta dva velika bloka, Šoštanj 5 in Šoštanj 6, ki prevzemata velik delež nihanja obremenitve v slovenskem sistemu. TE Šoštanj 5 z maksimalno močjo 300 MW obratuje občasno ob ustavitvi bloka 6. V elektrarni sta še dve plinski turbini s skupno močjo 84 MW, ki redko obratujeta. Blok TE Šoštanj 6 z močjo 600 MW (na pragu elektrarne 550 MW) večinoma obratuje.

2.1.3 PLINSKE ELEKTRARNE

Plinska elektrarna za gorivo uporablja industrijski ali zemeljski plin, ki ga sežiga. S tem nastanejo dimni plini, ki z mešanico zraka poganjajo turbinski generator (Skupina GEN, 2020 c).
Investicija izgradnje sodobnega objekta je med 500 in 750 €/kW, izkoristek goriva pa med 47 in 55 %. Cena emisije CO_2 je med 370 in 450 g/kWh. Zagonski čas do sinhronizacije s sistemom je zelo kratek, le nekaj minut (Klimstra & Hotakainen, 2011). V primeru hladnega zagonaje ta čas približno 15 minut (Hrovatin, 2009). V Sloveniji obratujeta dve plinski enoti (PE Brestanica) po 114 MW. Zaradi dragega energenta je cena proizvodnje te elektrarne visoka. Posledično nimajo velikega števila obratovalnih ur (Hrovatin, 2009). Zaradi hitre odzivnosti in kratkega zagonskega časa se uporabljajo predvsem za pokrivanje izpadov drugih agregatov, torej kot rezerva, ki zagotavlja stabilnost sistema (Prezelj in drugi, 2017).

2.1.4 TERMOELEKTRARNE S SPTE

To so posebne vrste termoelektrarn, ki poleg električne energije proizvajajo toplotno energijo za, na primer, ogrevanje stavb. Zaradi tega imajo veliko večji izkoristek energenta, ki je lahko nad 80 %. Zaradi te odlike spadajo v kategorijo učinkovite rabe energije (URE) in imajo v trenutni slovenski zakonodaji podobne prednosti kot obnovljivi viri (Borzen d.o.o., 2022).

2.1.5 HIDROELEKTRARNE

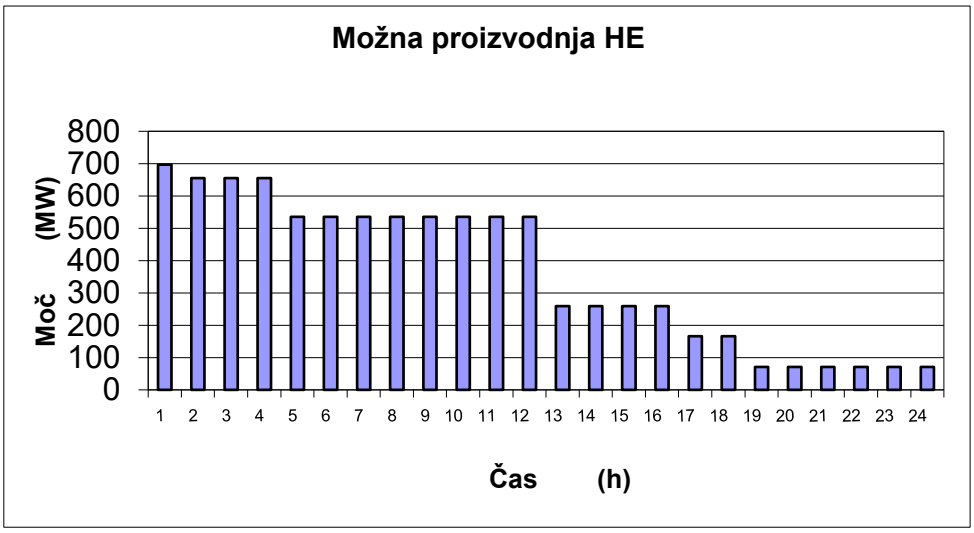
Hidroelektrarne za proizvajanje električne energije uporabljajo obnovljiv vir energije: padec vode in pretok skozi turbino, ki poganja generatorje. Poznamo akumulacijske, pretočne in črpalne hidroelektrarne (Hrovatin, 2009).
Posebnost teh je, da v zbiralnikih oziroma rezervoarjih lahko hranijo vodo in jo kasneje pretvorijo v energijo. Glede na to, kako dolgo omogočajo shranjevanje vode ob celotnem dotoku, poznamo elektrarne s pretočno, dnevno, tedensko, letno in sezonsko akumulacijo (Slovenski elektrotehniški slovar: Področje elektroenergetika: Skupina 602: Proizvodnja, prenos in razdeljevanje električne energije - proizvodnja, 1996).
Posebna vrsta pretočnih akumulacijskih elektrarn so elektrarne, ki so na eni reki v verigi. Takim elektrarnam pravimo tudi elektrarne v kaskadi. Pri teh ima praviloma

prva elektrarna večjo akumulacijo, ki jo nato izkoriščajo tudi vse ostale v verigi. V realnosti so akumulacije tam, kjer to omogočajo okoliščine (Hrovatin, 2009).
EES Slovenije ima precejšen delež hidroelektrarn z dnevno akumulacijo, hidravlično povezanih na treh porečjih. Hidroelektrarne pokrivajo del obremenitve v pasu, tako kot tudi obremenitve v času konic. Del razpoložljive energije iz hidroelektrarn se lahko uporabi na najbolj ekonomični način s stališča celega sistema (oziroma HSE po sedanji institucionalni organiziranosti).
Moč podsistema hidroelektrarn ni enaka aritmetični vsoti moči posameznih hidroelektrarn zaradi omejitev, ki jih prinašajo hidravlične povezanosti. Razpoložljiva energija v akumulacijah mora biti izkoriščena na najbolj ekonomičen način za pokrivanje tako konstantnega kot tudi variabilnega dela obremenitve sistema.
Struktura hidroelektrarn je približno naslednja:

- veriga Dravskih hidroelektrarn (DEM) je sestavljena iz osmih hidroelektrarn s skupno instalirano močjo nekaj čez 600 MW;
- veriga elektrarn na Savi (SEL in HESS): na zgornjem delu Save obratujejo štiri hidroelektrarne z instalirano močjo 116 MW. Na spodnjem delu Save obratuje pet HE, skupna moč teh HE je 185 MW;
- veriga elektrarn na Soči (SENG): instalirana moč HE v obratovanju znaša 136 MW.

Možna proizvodnja hidroelektrarn je izračunana na osnovi podatkov EIMV z 80 % verjetnostjo nastopa hidroloških razmer (Zlatarev, 2018).

V obdelavah so upoštevani povprečni tedenski dotoki vode. Simulacija možne proizvodnje hidroelektrarn v slovenskem sistemu je izvedena za dnevni diagram s šestimi ekvivalentnimi hidroelektrarnami. Primer urejenega diagrama možne proizvodnje HE je grafično podan na sliki 3.



Slika 3: Urejeni diagram možne proizvodnje HE
(Vir: EIMV, 2008)

2.1.6 ČRPALNE HIDROELEKTRARNE

Posebna vrsta hidroelektrarn z akumulacijo so črpalne hidroelektrarne. Te v obdobju nizke cene električne energije črpajo vodo iz spodnjega bazena v zgornji bazen.V času visoke cene električne energije jih ponovno izkoristijo za proizvodnjo. Razlike v cenah morajo biti tolikšne, da se ta proces ekonomsko izplača (Wikipedia, 2020 a). Črpalna elektrarnaje v dereguliranem sistemu namenjena ustvarjanju maksimalnega dobička. Ker pa na slovenskem trgu ne obstaja veliko možnosti za obratovanje črpalne elektrarne, govorimo o zunanjem trgu.
Na izravnalnem trgu proizvajalci ponujajo sistemskemu operaterju (v EES Slovenije ni izravnalnega trga) povišanje ali znižanje svoje proizvodnje za pokrivanje odstopanj porabe od napovedi. Obratovalne karakteristike črpalni hidroelektrarni Avče tehnično omogočajo, da lahko sledi zahtevanim spremembam moči. Vprašljiva pa je ekonomska upravičenost vključevanja elektrarne v regulacijo moči in sodelovanje pri izravnavi odstopanj.

2.1.7 OBRATOVANJE SONČNE ELEKTRARNE

Sončne elektrarneza obratovanje uporabljajo sevanje sonca, ki je obnovljiv vir energije. Poznamo dve vrsti elektrarn na sončno energijo. Prvi tip je fotovoltaična, kjer s sevanjem sonca na fotovoltaične celice pridobivamo elektriko. Drugi tip so termalne sončne elektrarne, pri katerih s pomočjo zrcal skoncentriramo sončno sevanje v eno točko, ki uparuje vodo, ta pa nato poganja turbino (Skupina GEN, 2020 č). Ker v slovenskem energetskem sistemu nimamo drugega tipa, se bomo osredotočili na prvi tip.
S trenutno tehnologijo lahko izkoriščajo 10 do 20 % povprečne sončne energije. Obratujejo lahko le podnevi, ko sije sonce, kar pa se sklada tudi s porabo energije, ki je čez dan, ko smo ljudje najbolj dejavni, večja. Zato so primerne za pokrivanje srednjega in vršnega dela obremenilnega diagrama. Njihova slabost je predvsem odvisnost od zunanjih pogojev: vremena, časa, lege in sezone (Klimstra & Hotakainen, 2011).
Oblačnost lahko njihovo proizvodnjo povsem zaustavi, zato lahko z nepredvidljivostjo povzročijo dodatne nestabilnosti v EES (Prezelj in drugi, 2017).

2.1.8 OBRATOVANJE DRUGIH TIPOV ELEKTRARN

Poleg že omenjenih tipov elektrarn poznamo še druge. Na področju slovenskega EES obratujejo vetrne elektrarne, bioplinarne, elektrarne na lesno biomaso in še nekatere druge. Vse spadajo pod elektrarne z obnovljivim virom energije (OVE) in lahko prejemajo obratovalno podporo ali imajo zagotovljen odkup energije. Ker te proizvajajo zelo majhen delež električne energije na slovenskem trgu, jih ne bomo posebej opisovali (ENLITE & Suvorov, 2020).

2.1.9 ČEZMEJNO TRGOVANJE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO

Večina EES, tudi slovenski, so preko daljnovodov povezani še z drugimi. S tem je omogočen prenos električne energije med sistemi (Prezelj in drugi, 2017). Tako si povečajo stabilnost in zanesljivost, odprt pa je tudi mednarodni trg z elektriko (Klimstra & Hotakainen, 2011).

3 SLOVENSKI ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Poročilo o stanju na področju energetike Agencije za energijo za leto 2019 navaja, da imamo v Sloveniji skupno instalirano moč elektrarn na prenosnem omrežju 2972 MW. Največji proizvajalci električne energije v slovenskem elektroenergetskem sistemu so velike hidroelektrarne, termoelektrarne in nuklearna elektrarna Krško. Polovični lastnik NEK je Hrvaška, ki se ji zato izvaža polovica proizvedene električne energije. Ta moč je odšteta od skupne. V letu 2019 smo z lastno proizvodnjo na Slovenskem pokrili 83,5 % potreb po električni energiji: 28,9 % s fosilnimi gorivi, 37,5 % z jedrskim gorivom, 33,6 % pa z obnovljivimi viri, od tega 92,4 % z vodno energijo, 4,8 % s sončno energijo, 2,7% z biomaso in 0,1 % z vetrno energijo. Ostalo električno energijo smo pridobili z uvozom iz tujine (Agencija za energijo).
Trenutno smo s sosednjimi EES povezani z Avstrijo z dvema 400 kV in enim 220 kV daljnovodom, s Hrvaško s po tremi 400 in 110 kV ter z dvema 220 kV daljnovodoma in z Italijo s po enim 400 in 220 kV daljnovodom. Povezava z Madžarsko je trenutno v gradnji (ELES, 2020).

3.1 VODENJE SLOVENSKEGA EES

V Sloveniji je operater prenosnega elektroenergetskega omrežja družba ELES, ki skrbi za varno, zanesljivo in učinkovito obratovanje in vzdrževanje prenosnega sistema. Poleg drugih nalog napoveduje porabo elektrike in potrebne energetske vire za pokrivanje konzuma, za kar uporablja metodo celovitega načrtovanja (Čuk Anžlovar, 2014).
Za zagotavljanje kvalitetnega napajanja je pomembna zanesljivost proizvodnega dela in prenosnega dela sistema, hkrati pa so potrebne še rotirajoče ter druge rezerve (sekundarna in terciarna rezerva) (Zlatarev, 2018).

3.1.1 NAPOVEDOVANJE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Za stabilnost EES moramo vzdrževati ravnovesje med porabo in proizvodnjo. Zato načrtujemo časovno razporeditev priklopa agregatov, da bomo lahko zadostili porabi. Ker imajo nekateri dolg zagonski in zaustavitveni čas, je potrebno načrtovati proizvodnjo vnaprej. To načrtujemo glede na pričakovano porabo (Gubina & Ogorelec, 1997).

Pri napovedi obremenitev s pomočjo periodičnih in naključnih komponent, ki so sestavljene iz sezonskih, tedenskih, dnevnih in urnih komponent, napovemo obremenilno delovno moč za obdobje enega ali nekaj dni vnaprej po urah. Pri tem je potrebno po posameznih urah upoštevati osnovno komponento, vremensko komponento, komponento nenavadnih dogodkov v porabi in naključno komponento urne obremenitve. Te komponente temeljijo na podatkih o preteklih izkušnjah. S pomočjo teh lahko načrtujemo uporabo posameznih agregatov in potrebno pripravo rezerve za posamezna časovna območja (Gubina & Ogorelec, 1997).
Iz načrtovane porabe električne energije po časovnih enotah opazovanega časovnega obdobja sestavimo obremenilne diagrame. Ti so lahko urni, dnevni, tedenski, mesečni, sezonski, letni, večletni … Iz teh zbranih podatkov lahko izračunamo faktor obratovanja. Izračunamo ga po naslednji enačbi:

$$P_{fo} = \frac{\sum_{k=1}^{N} P^k \Delta t}{T P_{\max}},$$

kjer so:
P_{fo} – faktor obratovanja
P^k – obremenitev v časovni enoti k
N – število časovnih enot
Δt – časovni interval diskretizacije
T – čas
P_{max} – maksimalna moč
Ta faktor nam pove, s kolikšnim deležem so morale obratovati vse proizvodne enote (brez rezerv), potrebne za pokrivanje bazne, trapezne in končne porabe v opazovanem časovnem okvirju (EIMV, 2002).

Zanima nas tudi razmerje med minimalno in maksimalno prevzemno močjo v posameznem časovnem obdobju. Izračunamo ga tako, da minimalno moč delimo z maksimalno (Zlatarev, 2018).

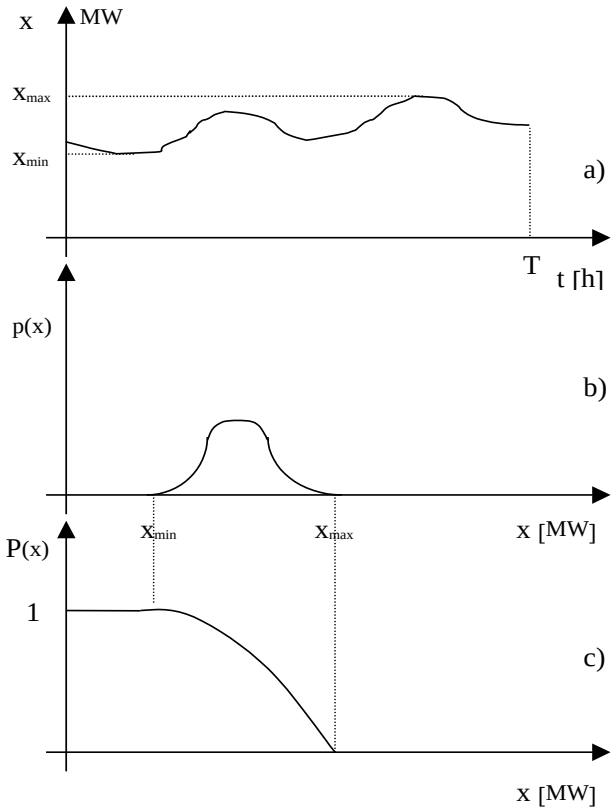
3.1.2 PORAZDELITVENA FUNKCIJA

V nadaljevanju se bomo ukvarjali samo z obremenilnimi diagrami za dolgoročni izračun obratovanja elektroenergetskega sistema. Iz podatkov obremenilnega diagrama lahko dobimo verjetnost za trapezne in konične obremenitve. Najprej iz njega pridobimo funkcijo gostote verjetnosti pojava posamezne obremenitve, ki jo označimo s*p(x)*. Iz te funkcije izpeljemo funkcijo porazdelitve verjetnosti za nastanek posameznih obremenitev, ki jo označimo s *P(x)*. Funkciji sta v naslednjem razmerju:

$$P(x) = 1 - \int_0^x p(x)dx,$$

kjer je x poraba električne energije v posamezni časovni enoti.

Funkcija P(x) nam podaja krivuljo trajanja obremenitev. Iz nje razberemo, kakšna je verjetnost, da je poraba moči enaka ali večja od posamezne vrednosti.
Spodnji grafi prikazujejo transformacijo obremenilnega diagrama v graf verjetnosti nastanka posameznih obremenitev.



Slika 4: Graf a) obremenilni diagram v časovnem obdobju T, b) funkcija gostote verjetnosti p(c) za obremenilni diagram grafa a in c) kumulativna porazdelitvena funkcija P(x) iz p(x) grafa b
(Vir: EIMV, 2008)

3.2 PROGRAM PROCOS

Za simulacijo obratovanja sistema uporabljamo program PROCOS. Ta na osnovi modelov obremenilnih diagramov in maksimumov obremenilnih diagramov prevzema električne energije, hidrologije, obratovalnih pravil, že sklenjenih večletnih pogodb o nakupu/prodaji električne energije in še nekaterih drugih podatkov izračuna stroške obratovanja in zanesljivost sistema na osnovi verjetnostnega matematičnega modela. V praksi se uporablja predvsem za simulacijo dolgoročnega obratovanja sistemov (Zlatarev, 2018).
Model obremenilnih diagramov dobimo s pomočjo funkcije porazdelitve verjetnosti za nastanek posameznih obremenitev P(x), ki jo dobimo iz dejanskih podatkov obremenilnega diagrama za želeno opazovano obdobje preko funkcije gostote

verjetnosti pojava posamezne obremenitve p(x), kot je opisano v prejšnjem poglavju. Porazdelitev posameznih obremenitev je omejena s točkami maksimalne obremenitve in minimalne obremenitve. To območje nato enakomerno razdelimo na 15 točk, kjer je prva minimalna obremenitev, zadnja pa maksimalna obremenitev (slika 2 c). Izračunamo porazdelitveno verjetnost s funkcijo P(x) za vseh 168 ur v tednu in jo nadomestimo s 15 točkami v diskretni obliki. Teh 15 točk vnesemo v program PROCOS, poleg tega izračunamo za isto opazovalno obdobje še faktor obratovanja ter razmerje med minimalno in maksimalno močjo na obravnavanem tednu. V program vnesemo te vrednosti skupaj z vrednostjo maksimalne dosežene moči prevzema, ta pa na podlagi teh podatkov lahko simulira krivulje trajanja obremenitev (Load Duration Curve – LDC).

3.2.1 ELEKTRARNE V EES SLOVENIJE

Program PROCOS je prilagojen za izračun v slovenskem elektroenergetskem sistemu, saj ima vnesene zmožnosti velikih slovenskih elektrarn, na podlagi teh podatkov pa lahko izračuna čase obratovanja posameznih elektrarn in s tem tudi oceni stroške obratovanja in zanesljivost pokrivanja obremenitve. V Sloveniji imamo naslednje skupine velikih hidroelektrarn:

- Dravske hidroelektrarne, ki jih sestavlja naslednjih osem: HE Dravograd, HE Vuzenica, HE Vuhred, HE Ožbalt, HE Fala, HE Mariborski otok, HE Zlatoličje in HE Formin s skupno instalirano močjo 600 MW (Dravske elektrarne Maribor d.o.o., 2022);
- veriga Elektrarn na Savi: na zgornji Savi (HE Moste, HE Mavčiče, HE Medvode) in na spodnji Savi (HE Vrhovo, HE Boštanj, HE Blanca, HE Krško in HE Brežice) s skupno instalirano močjo 307 MW (Savske elektrarne Ljubljana, d.o.o., 2022), (Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., 2022);
- veriga Elektrarn na Soči, ki jih sestavlja naslednjih pet: HE Doblar 1, HE Doblar 2, HE Plave 1, HE Plave 2 in HE Solkan, ki imajo skupno instalirano moč 137 MW (Soške elektrarne Nova Gorica, d.o.o., 2022);
- črpalna elektrarna Avče na reki Soča. V režimu črpanja je maksimalna moč elektrarne 180 MW in v turbinskem režimu 185 MW. V dereguliranem sistemu je namenjena ustvarjanju maksimalnega dobička. Zato mora proizvajati električno energijo le v urah, ko je cena električne energije visoka (v času visoke porabe) in kupovati električno energijo za črpanje v urah, ko je cena električne energije nizka (v času nizke porabe). Obratovalne karakteristike črpalne hidroelektrarne Avče tehnično omogočajo, da lahko sledi zahtevanim spremembam moči. Vprašljiva pa je ekonomska upravičenost vključevanja elektrarne v regulacijo moči in sodelovanje pri izravnavi odstopanj.

V EES Slovenije obratujejo naslednje termoelektrarne:

- TE Šoštanj z blokom 5 in 6 ter dvema plinskima enotama, ki imajo skupno instalirano moč 1029 MW (Termoelektrarna Šoštanj d.o.o., 2022),
- TE Toplarna Ljubljana s skupno instalirano močjo 124 MW (Javno podjetje Energetika Ljubljana d.o.o., 2022),

- TE Brestanica s šestimi plinskimi bloki s skupno instalirano močjo 350 MW (Termoelektrarna Brestanica d.o.o., 2022)
  in nuklearna elektrarna Krško z močjo 690 MW.

4 STANJE EPIDEMIJE

"V Vuhanu na Kitajskem so decembra 2019 zaznali več primerov pljučnic. Pri bolnikih so izključili številne običajne povzročitelje pljučnic oz. respiratornih okužb in potrdili okužbo z novim koronavirusom. Novi koronavirus so poimenovali SARS-CoV-2, bolezen, ki jo virus povzroča, pa COVID-19." (NIJZ, 2020)

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je 11. 3. 2020 izbruh koronavirusa razglasila za pandemijo (Evropska unija, 2020), 12. 3. 2020 pa je minister za zdravje Aleš Šabeder z odredbo razglasil epidemijo zaradi SARS-CoV-2 na območju Republike Slovenije (Vlada Republike Slovenije, 2020). Temu so sledili dodatni ukrepi:

- od 16. marca začasno zaprtje vrtcev in izobraževalnih ustanov, začasne omejitve in ustavitve javnih prevozov, začasno zaprtje lokalov, fitnesov, muzejev, galerij, kinodvoran in še nekaterih dejavnosti (Slovenska tiskovna agencija, 2020 a);
- 20. marca se za obdobje od 1. marca do 31. maja gospodinjskim in malim poslovnim odjemalcem ne zaračunava tarifne postavke za obračunsko moč (Slovenska tiskovna agencija, 2020 b),
- od 30. marca prepoved gibanja izven občine stalnega ali začasnega bivališča z nekaterimi izjemami, kot je prihod na delovno mesto, opravljanje kmetijskih dejavnosti in nega družinskih članov (Slovenska tiskovna agencija, 2020 c).

S 16. aprilom 2020 so se pričela prva sproščanja ukrepov (Lexpera, 2020 a), s 30. aprilom 2020 je bila odpravljena splošna omejitev gibanja po občinah (Lexpera, 2020 b). Z 11. majem je ponovno stekel javni potniški promet (Lexpera, 2020 c). S 15. majem 2020 je Vlada Republike Slovenije z odlokom,ki je začel veljati 31. 5. 2020, preklicala epidemijo, ostali pa so mnogi preventivni ukrepi za preprečevanje širjenja virusa (Slovenska tiskovna agencija, 2020 č).19. oktobra 2020 je Vlada RS ponovno razglasila epidemijo, ki je trajala vse do 15. junija 2021 (24ur.com, 2021).

4.1 VPLIV EPIDEMIJE NA GOSPODARSTVO

IEA (mednarodna energetska agencija) navaja, da se je v razvitih državah poraba električne energije zaradi zaprtja države čez celoten teden spustila na raven nedeljske porabe. Po rahljanju ukrepov se je poraba v vseh državah začela povečevati. Ko so se ukrepi ponovno začeli stopnjevati zaradi rasti števila okužb, se je trend zmanjševanja porabe električne energije ponovil, a ni bil več tako drastičen, kot je bil v času prvih ukrepov z zapiranji držav (International Energy Agency, 2021).

Na slovensko gospodarstvo je imela epidemija močan vpliv od sredine marca 2020 naprej, najizrazitejši pa v aprilu 2020. Maja in junija 2020 so se začele stvari postopoma izboljševati, še vedno pa so bili kazalniki precej nižji kot v enakem obdobju leto prej (Urad RS za makroekonomske analize in razvoj, 2020 a).

5 ANALIZA PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Osnovni cilj te naloge je analiza porabe električne energije pred epidemijo, v času epidemije in po umiritvi razmer: zanimata nas sprememba (porast/upad) porabe in oblika obremenilnih diagramov (zravnanost).
V praktičnem delu te naloge smo primerjali in analizirali porabo električne energije v Republiki Sloveniji za leta 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021. Ker se je koronavirus v Sloveniji pojavil leta 2020 in je bil v letu 2021 še vedno prisoten, bomo leti 2020 in 2021 obravnavali kot leti s koronavirusom. Vpliv koronavirusa bomo ugotavljali s primerjavo prevzema električne energije v letih 2020 in 2021 s prevzemom v letih pred pojavom te bolezni: 2017, 2018 in 2019. Podatke o prevzemu bomo najprej razdelili po tednih. Pri tem se teden začne s ponedeljkom, konča pa z nedeljo. Prvi teden v letu je teden, ki ima v novem letu vsaj 4 dni, preostali dnevi se vzamejo od zadnjega ponedeljka naprej v prejšnjem letu. Obdelavo bomo naredili za vsak posamezen teden za prevzem po urah nizke obremenitve, to je od ponedeljka do petka med 0:00 in 6:00 ter od 22:00 do 24:00 in med vikendom od 0:00 do 24:00, kar skupaj nanese 88 ur, ter za posamezni teden prevzem po urah visoke obremenitve, to je od ponedeljka do petka med 6:00 in 22:00, kar je skupaj 80 ur tedensko. Za analizo bomo uporabili podatke o dejanskem prevzemu električne energije po urah iz prenosnega omrežja, pridobljenih na spletni strani www.eles.si podjetja ELES, ki je sistemski operater prenosnega električnega omrežja v Sloveniji. Te bomo nato vnesli v program PROCOS in analizirali prevzem električne energije za posamezno leto.

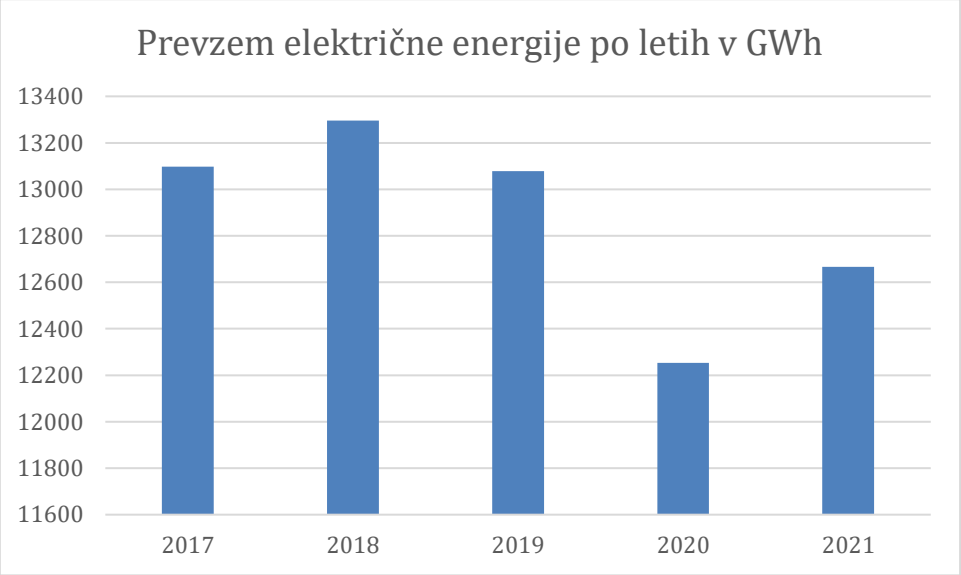
5.1 PREVZEM ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ PRENOSNEGA OMREŽJA

Ker se je koronavirus v Sloveniji pojavil leta 2020 in je bil v letu 2021 še vedno prisoten, bomo leti 2020 in 2021 obravnavali kot leti s koronavirusom. Spodnja tabela prikazuje prevzem električne energije iz prenosnega omrežja po letih od leta 2017 do 2021.

Leto	2017	2018	2019	2020	2021
GWh	13097,0	13296,3	13078,7	12252,6	12665,7

Tabela 1: Prevzem električne energije iz prenosnega omrežja
(Lastni vir)

V letih s koronavirusom je bil prevzem manjši kot v letih 2017, 2018 in 2019, ko koronavirusa še ni bilo. Upad porabe električne energije v letih 2020 in 2021 je posledica zapiranja gospodarstva zaradi pandemije. Na naslednji sliki vidimo tudi grafično predstavitev gibanja porabe v obravnavanih letih.



Slika 5: Prevzem električne energije po letih v GWh
(Lastni vir)

Povprečen prevzem v letih 2017, 2018 in 2019 je znašal 13157,39 GWh, povprečen prevzem v letih 2020 in 2021 pa 12459,16 GWh, kar je za 5,31 % manj.
Prevzem leta 2020 je bil za 904,79 GWh, to je za 6,88 % manjši od povprečja let 2017, 2018 in 2019. Prevzem leta 2021 je bil od povprečnega prevzema v letih 2017, 2018 in 2019 manjšiza 491,68 GWh oziroma za 3,74 %.

5.2 MAKSIMALNI PREVZEM PO TEDNIH V LETIH 2017 DO 2021 V ČASU VISOKE IN NIZKE OBREMENITVE – IZBIRA ČASOVNIH INTERVALOV

Osnova za modeliranje krivulj trajanja obremenitev so dejanski tedenski urni obremenilni diagrami sistema za obravnavana leta. Tedenski urni diagram razdelimo

na ure visokega odjema in na ure nizkega odjema. Ta delitev podpira vključevanje črpalne elektrarne v sistemu, ki zahteva posebno modeliranje obremenilnih diagramov. Tako tedenski obremenilni diagram razdelimo na dva dela:

- časovni interval višjih obremenitev (možno obratovanje ČE v turbinskem načinu obratovanja) – vsak delovni dan od ponedeljka do petka v času od 6:00 do 22:00 ure, t.j. 16 ur na dan, skupaj 80 ur na teden in
- časovni interval nižjih obremenitev (možno obratovanje ČE v črpalnem režimu obratovanja) – vsak delovni dan od ponedeljka do petka od 0:00 do 6:00 in od 22:00 do 24:00, t.j. 8 ur na dan ter sobota in nedelja od 0:00 do 24:00), skupaj 88 ur na teden.

Za vsak teden torej izračunamo dve krivulji trajanja obremenitev:

- krivuljo trajanja visokih obremenitev, ko je možna vključitev ČE v proizvodnem režimu in
- krivuljo trajanja nizkih obremenitev. ČE se lahko vključi v obratovanje v črpalnem režimu.

Tabela v Dodatku A prikazuje vrednosti maksimalnih urnih moči prevzema po tednih v letih 2017 do 2021 v času visoke in v času nizke obremenitve.
Med istimi tedni različnih let so lahko tudi večje razlike, ki so lahko posledica več različnih dejavnikov. To so vremenske razmere, posebni dogodki, kar je tudi epidemija. Med seboj ne bomo primerjali vsakega tedna posebej, bomo pa tedenske podatke vnesli kot parametre za izračun letnih karakteristik s programom PROCOS.

5.2.1 MAKSIMALNE DOSEŽENE ENOURNE MOČI PREVZEMA PO LETIH

Spodnja tabela prikazuje vrednosti maksimalnega urnega prevzema od leta 2017 do 2021 v MWh.

	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni prevzem	2168	2279	2241	2150	2191

Tabela 2: Maksimalni urni prevzem v MWh v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

Maksimalna moč prevzema iz prenosnega omrežja je od povprečne moči v primerjavi z obdobjem med leti 2017–2019 v letu 2020 manjša za 3,56 %, v letu 2021 pa za 1,72 %.
S podatkom o maksimalnem urnem prevzemu v posameznemu letu izračunamo obratovalne faktorje za posamezna leta. Podatek je pomemben kot eden od vhodnih parametrov za našo obdelavo podatkov s programom PROCOS.

5.2.2 LETNI OBRATOVALNI FAKTOR

S podatki o maksimalnem dnevnem urnem prevzemu in skupnem letnem prevzemu električne energije izračunamo obratovalni faktor za posamezno leto. Rezultate prikazuje spodnja tabela:

	2017	2018	2019	2020	2021
Obratovalni faktor	0,6897005	0,666091	0,6663008	0,6487807	0,659983

Tabela 3: Obratovalni faktorji v letih od 2017 do 2021
(Lastni vir)

Za vhodne parametre v progam PROCOS smo izračunali obratovalne faktorje za vsak teden v letu, tako za prevzem v času visoke obremenitve kot v času nizke obremenitve. Iz zgornje tabele vidimo, kako se je obratovalni faktor poslabšal v letih epidemije: **obratovalni diagrami so manj zravnani**. Gospodarstvo je delovalo v negotovih razmerah, zapiranje dejavnosti je vplivalo na zmanjšanje porabe in hkrati na neenakomernost odjema.

5.3 OBDELAVA KONZUMA S PROGRAMOM PROCOS

Tedenske obremenilne diagrame uredimo po velikosti obremenitev in dobimo krivulje trajanja obremenitev (Load Duration Curves – LDC). Za vsak teden naredimo dve LDC – za čas visokih in nizkih obremenitev. Krivulje trajanja obremenitev smo naredili za vsa obravnavana leta od 2017 do 2021, kot je opisano v poglavju 4.

5.3.1 PORABA ELEKTRIČNE ENERGIJE – KRIVULJE TRAJANJA OBREMENITEV (LDC)

S programom PROCOS smo izračunali skupni prevzem tako, da smo kombinirali dve skupini vhodnih podatkov vsakega leta. Prva skupina podatkov so maksimalni urni prevzemi po tednih v času visoke in nizke obremenitve. Druga skupina podatkov pa so obremenilni diagrami za vsak posamezni teden v času visoke in nizke obremenitve. Ker je leto 2020 edino s 53 tedni, smo enega pri izračunih izpustili. Odločili smo se, da bomo izpustili teden, v katerem je bil prevzem v letu 2020 najmanjši.

V prvi kombinaciji izračunov so maksimumi urnega prevzema po tednih v času visoke in nizke obremenitve iz leta 2017 združeni z modeli obremenilnih diagramov visoke in nizke obremenitve za vsak teden v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021. Rezultate skupnega prevzema v GWh prikazuje naslednja tabela.

	Modeli tedenskih obratovalnih diagramov iz let				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni urni prevzemi po tednih, vzeti iz leta 2017	13067,06	13055,18	13043,8	12916,05	13000,53

Tabela 4: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2017 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

Iz tabele 4 sklepamo na zravnanost obremenilnih diagramov po letih v primerjavi z letom 2017. V letih 2020 in 2021 (epidemija koronavirusa) so bili dejanski obremenilni diagrami manj zravnani v primerjavi z letom 2017 (primerjava zgornje tabele in tabele 1).
V drugi kombinaciji izračunov so maksimumi urnega prevzema po tednih v času visoke in nizke obremenitve vzeti iz leta 2018. Tako kot v prvi kombinaciji so združeni z modeli obremenilnih diagramov visoke in nizke obremenitve za vsak teden v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 posebej. Rezultate prikazuje spodnja tabela:

	Modeli tedenskih obratovalnih diagramov iz let				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni urni prevzemi po tednih vzeti iz leta 2018	13281,44	13264,22	13255,75	13126,7	13206,6

Tabela 5: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2018 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

Iz tabele 5 sklepamo na zravnanost obremenilnih diagramov po letih v primerjavi z letom 2018. Tudi v tem primeru je razvidno, kako je epidemija koronavirusa v letih 2020 in 2021 vplivala na odjem: obremenilni diagrami so bili ne samo manj izravnani, ampak je bila tudi poraba manjša (primerjava zgornje tabele 5 in tabele 1).

V naslednji (tretji) kombinaciji so maksimumi urnega prevzema po tednih v času visoke in nizke obremenitve vzeti iz leta 2019. Podatki o modelih obremenilnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve za vsak teden so enako kot v prvi in drugi kombinaciji za leta 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 posebej. Rezultate prikazuje spodnja tabela. Tudi v tem primeru velja enaka ugotovitev kot za obliko obremenilnih

diagramov iz leta 2018: obremenilni diagrami v času epidemije so v letih 2020 in 2021 manj izravnani.

	Modeli tedenskih obratovalnih diagramov iz let				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni urni prevzemi po tednih vzeti iz leta 2019	13080,07	13063,85	13048,71	12923,7	13004,98

Tabela 6: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2019 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

V četrti kombinaciji smo uporabili oblike tedenskih diagramov iz leta 2020. Izračune porabe električne energije smo naredili za vseh obravnavanih pet let: 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021. Maksimalne moči (za visoki in nizki del konzuma) so enake, kot so bile dejansko dosežene v obravnavanem letu. Rezultati so v spodnji tabeli:

	Modeli tedenskih obratovalnih diagramov iz let				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni urni prevzemi po tednih vzeti iz leta 2020	12447,67	12434,07	12424,11	12195,28	12377,69

Tabela 7: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2020 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

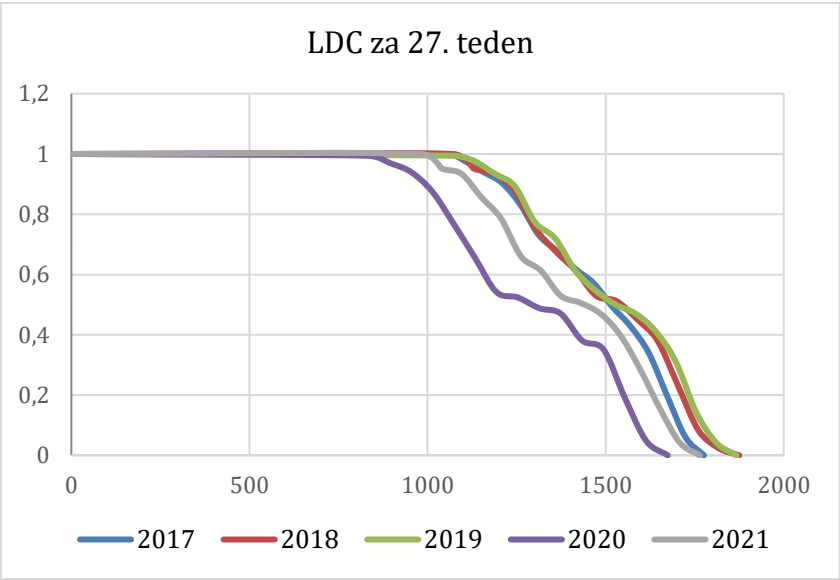
Iz zgornje tabele je razvidna slabša izravnanost obremenilnih diagramov v letih pred epidemijo korone (leta 2017, 2018 in 2019), če uporabimo obliko diagramov iz leta 2020. Poraba bi bila toliko nižja, kot je podano v tabeli 7.

V peti, zadnji kombinaciji, uporabimo podatke o maksimumih dnevnega urnega prevzema po tednih v času visoke in nizke obremenitve za leto 2021. Podatke modelov obremenilnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve za vsak teden uporabimo za leta 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 posebej. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli:

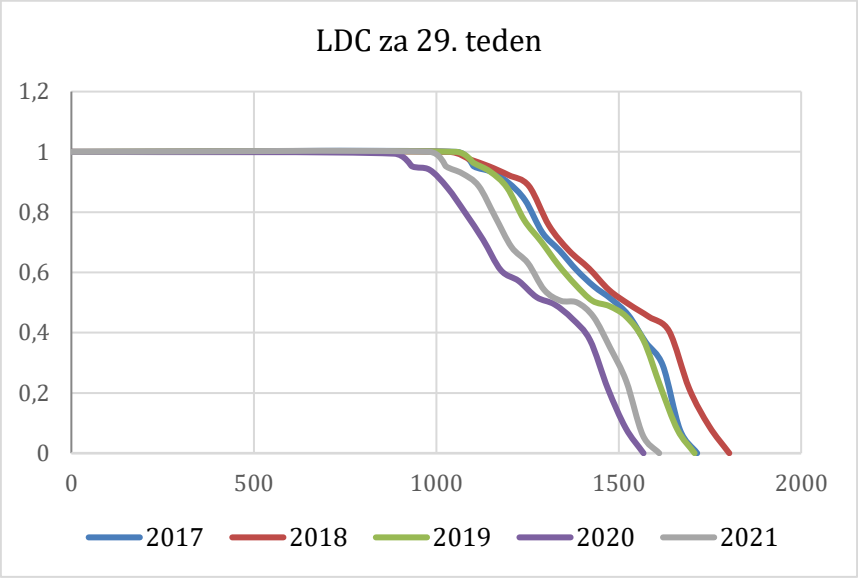
	Modeli tedenskih obratovalnih diagramov iz let				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maksimalni urni prevzemi po tednih vzeti iz leta 2021	12708,46	12695,63	12684,94	12559,18	12638,87

Tabela 8: Prevzem v GWh v kombinaciji maksimalnih urnih prevzemov po tednih v času visoke in nizke obremenitve leta 2021 z modeli tedenskih obratovalnih diagramov v času visoke in nizke obremenitve let 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

Na naslednjih slikah so podane krivulje trajanja obremenitev (glej tudi sliko 2 c) za 27. in 29. teden za obravnavana leta. Oblika in trajanje obremenitev v letih epidemije koronavirusa 2020 in 2021 močno izstopata.



Slika 6: Krivulje trajanja obremenitev (LDC) 27. tedna za obravnavana leta: 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

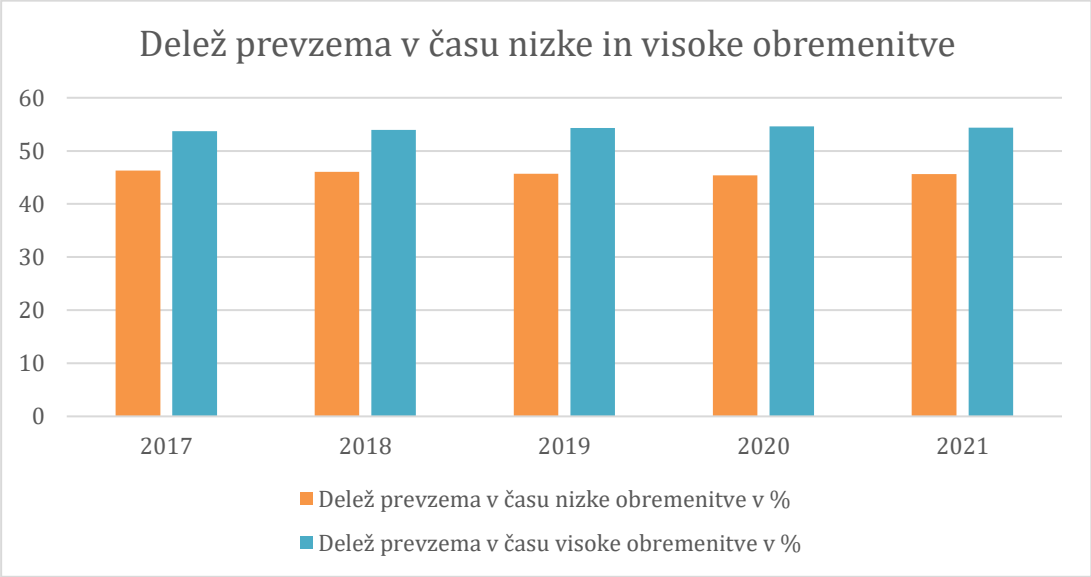


Slika 7: Krivulje trajanja obremenitev (LDC) 29. tedna za obravnavana leta: 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021
(Lastni vir)

Analizo porabe električne energije (prevzema iz prenosnega omrežja) smo naredili z izdelavo tedenskih krivulj trajanja obremenitev (LDC). Izračun LDC je narejen za 15 točk. Tako pri izračunu skupnega prevzema pride do odstopanja letnih vrednosti prevzema. Odstopanja so največ 0,02203 % (v letu 2017) in najmanj 0,00033 % (v letu 2020). Odstopanja so zanemarljiva.

5.3.2 DELEŽ PREVZEMA ELEKTRIČNE ENERGIJE V ČASU NIZKE IN VISOKE OBREMENITVE

Spodnji graf prikazuje odstotkovni delež letnega prevzema v času nizke in visoke obremenitve.



Slika 8: Prikaz deležev prevzema v času nizke in visoke obremenitve elektroenergetskega sistema Slovenije v % od leta 2017 do 2021
(Lastni vir)

Porazdelitev konzuma v času visoke in nizke obremenitve je v pandemičnih letih praktično enak porazdelitvi v letih pred pojavom virusa.

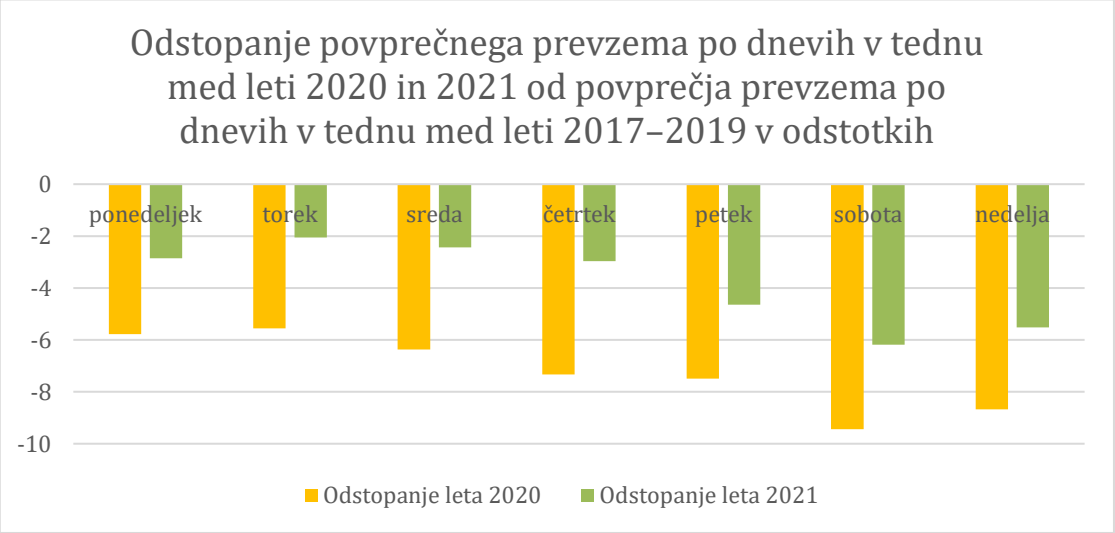
5.3.3 POVPREČNI PREVZEM ELEKTRIČNE ENERGIJE PO DNEVIH V TEDNU

Spodnja tabela prikazuje podatke letnega povprečnega prevzema električne energije po dnevih v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021. Dodana je izračunana povprečna vrednost za posamezen dan med leti 2017–2019.

	2017	2018	2019	2020	2021	Povprečje med leti 2017–19
Ponedeljek	35917,4	36620,9	36734,3	34321,7	35384,9	36424,2
Torek	37246,2	37905,2	37567,5	35483,8	36803,9	37573,0
Sreda	37869,8	38262,1	37952,1	35605,2	37101,7	38028,0
Četrtek	38047,7	38635,5	37845,0	35378,4	37046,1	38177,7
Petek	37559,8	38194,2	37291,1	34856,8	35932,0	37681,7
Sobota	33602,3	33980,1	32778,7	30294,5	31383,4	33453,7
Nedelja	31026,7	31396,8	30618,5	28321,6	29302,7	31014,0

Tabela 9: Povprečen prevzem po dnevih v tednu v MWhmed leti 2017–2021 z dodanim izračunanim povprečjem v obdobju 2017–2019
(Lastni vir)

Spodnji graf prikazuje odstopanja povprečnega prevzema električne energije po dnevih v tednu med 2020 in 2021od povprečnega prevzema po dnevih v tednu med leti 2017–2019.



Slika 9: Odstopanje povprečnega prevzema v dnevih v tednu med leti 2020 in 2021 od povprečnega prevzema po dnevih v tednu leti 2017–2019 v odstotkih
(Lastni vir)

Povprečni prevzem po dnevih v tednu v letu 2020 je bil vse dni manjši od povprečja po dnevih v tednu med leti 2017–2019. Največja razlika je bila ob koncu tedna. V sobotah je bil povprečni prevzem v letu 2020 za 9,44 % manjši od povprečnega v sobotah v letih 2017–2019, ob nedeljah pa za 8,68 %. Najmanjše odstopanje je bilo ob ponedeljkih, ko je bil povprečni prevzem manjši za 5,77 % in ob torkih, ko je bilo odstopanje za 5,56 % manjše od povprečnega med leti 2017–2019.

V letu 2021 je bil povprečni prevzem po dnevih v tednu prav tako vse dni manjši od povprečnega prevzema med leti 2017–2019, a je bila razlika v primerjavi z letom 2020 manjša. Največja razlika je bila ponovno ob koncu tedna; povprečno je bil v sobotah 2021 prevzem manjši od povprečnega prevzema ob sobotah v letih 2017–2019 za 6,19 %,ob nedeljah pa za 5,52 %. Najmanjše odstopanje je bilo v letu 2021 ob torkih, ko je bil povprečni prevzem za 2,05 % manjši od povprečja med leti 2017–2019, sledila je sreda, ko je bil prevzem manjši za 2,44 %.

6 SIMULACIJA DOLGOROČNEGA PLANIRANJA OBRATOVANJA EES S PROGRAMOM PROCOS

Z matematičnim modelom za dolgoročno planiranje obratovanja smo naredili primer izračuna obratovanja EES Slovenije. Želimo simulirati način obratovanja sistema na letni ravni. Računalniški program PROCOS®, s katerim analiziramo obratovanje, je namenjen simulaciji obratovanja EES ob upoštevanju naključnih izpadov termoagregatov. PROCOS je prilagojen pravilom obratovanja slovenskega sistema. Simulacije obratovanja so bile primerjane z dejanskim stanjem obratovanja za pretekla leta.

Za podane scenarije obratovanja simulacije dajejo odgovore na naslednja vprašanja:

- proizvodnja in obratovanje termoagregatov (obstoječih in planiranih),
- vpliv hidrologije na obratovanje sistema,
- možno vključevanje in način obratovanja črpalne elektrarne v sistemu,
- primanjkljaji in viški energije in moči v sistemu,
- zanesljivost sistema.

6.1 POSTAVITEV MODELA ZA IZRAČUN ENOLETNEGA OBRATOVANJA SISTEMA

Posamezne elemente EES je potrebno modelirati v obliko, primerno za izračun s programom PROCOS.

6.1.1 MODELIRANJE OBREMENITVE SISTEMA

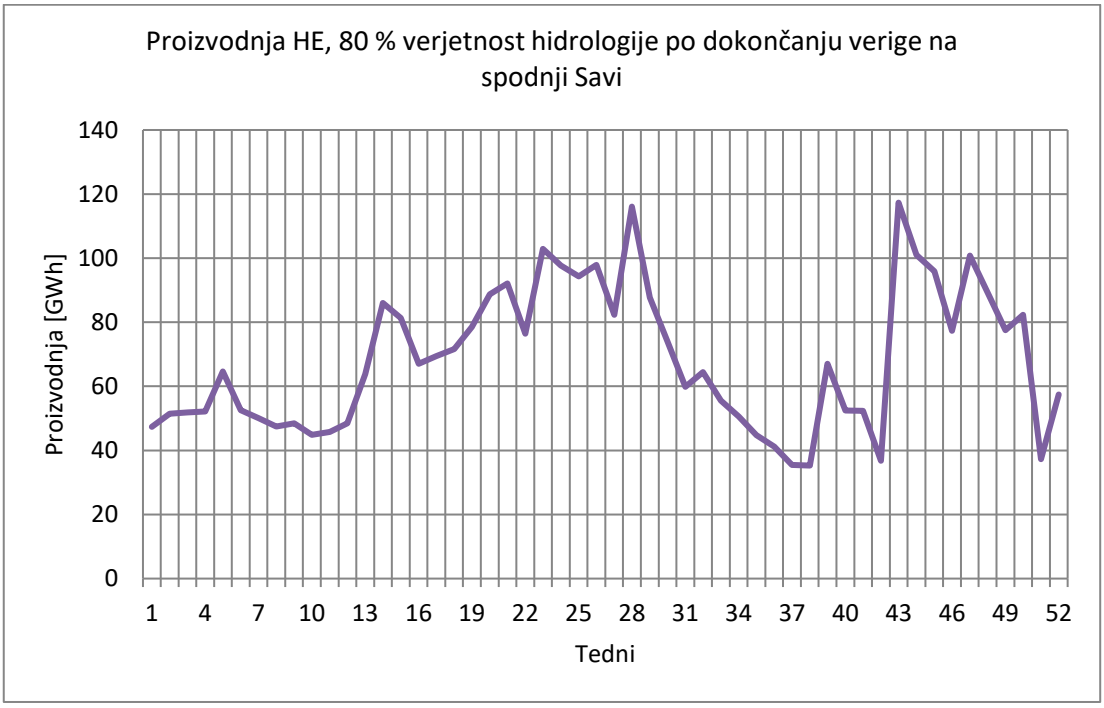
Za osnovo smo vzeli obliko diagramov iz leta 2021. Maksimalna dosežena obremenitev sistema na prenosnem omrežju v letu 2021 je bila 2.191 MW, poraba pa 12.666 GWh. Simuliramo stanje sistema leta 2027, tj. čez 5 let. Predpostavimo 1 % letni porast porabe. Tako naj bi bila dosežena maksimalna moč sistema 2.302 MW.

6.1.2 ELEKTRARNE V OBRATOVANJU IN NAČRTOVANE NOVE ELEKTRARNE

V poglavju 4.21 je podana struktura objektov v obratovanju do leta 2027. Do leta 2027 naj bi bila zgrajena hidroelektrarna HE Mokrice na reki Savi z močjo 28 MW.
Od termoelektrarn je predvidena izgradnja nove enote v TE TO Ljubljana z močjo 140 MV na plin. Zaradi negotove situacije zaradi plinske energije je ne upoštevamo.

6.1.3 MODELIRANJE PROIZVODNJE HIDROELEKTRARN

EES Slovenije ima precejšen delež hidroelektrarn z dnevno akumulacijo, hidravlično povezanih na treh porečjih. Hidroelektrarne pokrivajo del obremenitve v pasu, tako kot tudi obremenitve v času konic. V simulaciji možne proizvodnje hidroelektrarn s šestimi ekvivalentnimi hidroelektrarnami so upoštevani povprečni tedenski dotoki vode. Primer možne proizvodnje HE je grafično podan na sliki 3. Proizvodnja hidroelektrarn predvideva 80 % verjetnost nastopa hidrologije. Možna proizvodnja hidroelektrarn je 3572 GWh.
Na sliki 10 je podana proizvodnja hidroelektrarn po tednih za obravnavani scenarij obratovanja.



Slika 10: Proizvodnja HE po tednih ob 80 % verjetnosti hidrologije
(Lastni vir)

6.2 ANALIZA OBRATOVANJA SISTEMA LETA 2027

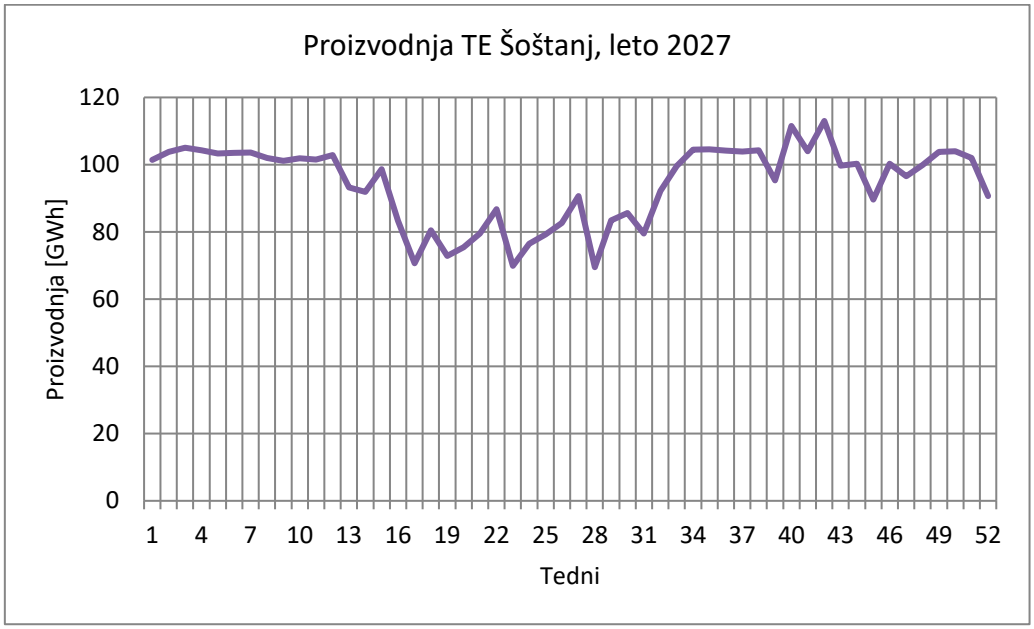
Ob 1 % letnem porastu porabe električne energije bo letna dosežena moč v letu 2027 2.302 MW, poraba pa 13.279 GWh. Obratovanje sistema je izračunano za 80 % verjetnost hidrologije, kar pomeni, da proizvodnja hidroelektrarn ne bo manjša od te vrednosti.
V izračunu obratovanja sistema v letu 2028 nismo predvideli izstopa večjih TE iz sistema (TE Šoštanj 5 in TE Šoštanj 6).
Izbrano stanje smo izračunali za obratovanje sistema v obravnavanem letu samo z lastnimi viri. Blok TE Šoštanj 6 obratuje tekom celega leta brez remonta. Remont v NE Krško je predviden v oktobru. Blok TE Šoštanj 5 obratuje v zmanjšanem obsegu glede na kapacitete rudnika okrog 3,5 mio ton premoga na leto. ČE Avče obratuje na trgu.
Pokrivanje porabe za izdelano simulacijo obratovanja je podano v naslednji tabeli.

verj. hidr. (%)	P_{max} (MW)	W_{poraba} (GWh)	uvoz (GWh)	ENS[1] (GWh)	W_{hidro} (GWh)	W_{termo} (GWh)
80	2.302	13.279	-	178	3.544	9.540

Tabela 10: Pokrivanje potreb po električni energiji v letu 2027 v Sloveniji (simulacija obratovanja brez uvoza)
(Lastni vir)

V izračunih ni upoštevan uvoz energije. V obratovanju je potrebno močno angažiranje vršnih elektrarn – plinskih elektrarn v Brestanici (v realnem obratovanju je to nerealno).
Na naslednji sliki je podano obratovanje agregatov v TE Šoštanj po tednih. Termoelektrarna proizvede 4.900 GWh na letni ravni. Nadomeščanje te energije z obnovljivimi viri v Sloveniji ni možno v nobenem primeru. V scenarijih zapiranja elektrarn na premog je možno to energijo nadomestiti z uvozom (če je na razpolago) ali z izgradnjo nove jedrske elektrarne.

[1]ENS – nedobavljena energija (Energy Non Served)



Slika 11: Obratovanje agregatov TE Šoštanj 6 in TE Šoštanj 5 v letu 2027
(Lastni vir)

7 ZAKLJUČEK

Poraba električne energije v času koronavirusa je bila manjša kot v času pred njim. Zaradi epidemije so bili obremenilni diagrami manj izravnani in drugačnih oblik, obratovalni faktorji pa so bili manjši, kar nam pove, da je bil EES v tem času bolj neenakomerno obremenjen.

Povprečni prevzem v letih 2020 in 2021 je bil v primerjavi z obdobjem 2017–2019, ko koronavirusa še ni bilo, manjši za 5,31 %.vV primerjavi z obdobjem 2017–2019 je bil v letih 2020 in 2021 manjši tudi povprečni maksimalni urni prevzem.

Porabi med leti 2017–2019 smo se znova približali v letu 2021, iz česar lahko sklepamo, da se vpliv koronavirusa na porabo električne energije sčasoma zmanjšuje.

Ob ugotavljanju, na kateri dan v tednu so nastale večje razlike, smo prišli do sklepa, da je do večjega odstopanja prišlo v sobotah in nedeljah, medtem ko so bile v začetku tedna (od ponedeljka do srede) te razlike najmanjše.

Razmerje med porabljeno električno energijo v času nizke in visoke obremenitve se v letih 2020–2021 praktično ni razlikovalo od razmerij med leti 2017–2019.

S programom PROCOS smo naredili simulacijo obratovanja slovenskega EES. Predvideli smo trend 1 % letnega večanja porabe in naredili izračun obratovanja samo z lastnimi viri za leto 2027 z 80 % možnostjo nastopa hidrologije.

Ugotovili smo, da iz danih rezultatov slovenski sistem brez uvoza energije ne more pokrivati obremenitve sistema. Prav tako so za sistem ključne termoelektrarne in jih v prihodnjih 5 letih še ne moremo nadomestiti z obnovljivimi viri.

Aproksimacija LDC s pomočjo porazdelitvene funkcije na 30 točkah na teden (15 v času visoke in 15 v času nizke obremenitve) se je pri rezultatih izkazala za zelo natančno. Podoben pristop z uporabo programa PROCOS bi tako lahko zelo koristno uporabili še za druge podobne raziskave, torej od analize preteklih dogodkov do načrtovanja proizvodnje oz. predvidevanja porabe za prihodnja leta. Z nalogo smo prikazali, da ima lahko nepredvidljiv dogodek (pojav epidemije nove nalezljive bolezni) lahko zelo velik vpliv na vzorec prevzema električne energije in je zato načrtovanje zelo zahtevno.

8 LITERATURA IN VIRI

24ur.com. (16. junij 2021). *Prvič od oktobra ni razglašena epidemija covida-19*. Pridobljeno 3. oktobra 2021 z naslova https://www.24ur.com/novice/slovenija/prvic-od-oktobra-ni-razglasena-epidemija-koronavirusa.html.

Agencija za energijo. (b. l.). *Poročilo o stanju na področju energetike v letu 2019*. Pridobljeno 22. 9. 2020 z naslova Portal energetika: https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/agen_e/porae_2019.pdf.

Bakič, K., Gubina, F., Pirnat, R., Senčar, M., Voršič, J. (2001). *Slovenski elektrotehniški slovar, področje elektroenergetike, slovar izrazov za trg z električno energijo.* Ljubljana: Sloko CIGRÉ.

Borzen d.o.o. (b. l.). *Trajnostna energija*. Pridobljeno 30. 3. 2022 z naslova http://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Proizvajajte/Soproizvodnja-toplote-in-elektri%C4%8Dne-energije-SPTE.

Čuk Anžlovar, M. (2014). *Kratek pregled nove ureditve slovenskega energetskega sistema.* Ljubljana: ICES - izobraževalni center energetskega sistema.

Dravske elektrarne Maribor, d. o. o. (b. l.). *Dravske elektrarne Maribor*. Pridobljeno 30. 3. 2022 z naslova https://www.dem.si/sl/elektrarne-in-proizvodnja/elektrarne/.

EIMV. (2002). *Ref. št. 1516/II, Optimizacija nakupa električne energije od termoelektrarn za potrebe trgovanja z energijo.* Ljubljana: EIMV, Omejeno dostopno delo.

EIMV. (2008). *Študija št. 1924, Analiza stroškov zakupljene rezerve moči glede na zanesljivost sistema.* Ljubljana: EIMV, Omejeno dostopno delo.

ELES. (b. l.). *Slovensko prenosno omrežje*. Pridobljeno 14. 9. 2020 z naslova https://www.eles.si/slovensko-prenosno-omrezje.

ENLITE, Suvorov, M. (b. l.). *Energetika v Sloveniji in svetu: statistika*. Pridobljeno 24. 9. 2020 z naslova https://www.i-energija.si/ienergija/energetika-v-sloveniji-in-svetu-statistika/-

Evropska unija. (28. september 2020). *Pandemija koronavirusa covid-19* . Pridobljeno 1. 10. 2020 z naslova Evropski Svet:https://www.consilium.europa.eu/sl/policies/coronavirus/-

Gubina, F., Ogorelec, A. (1997). *Vodenje elektroenergetskega sistema.* Ljubljana: Sloko CIGRÉ.

Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o. (b. l.). *Hidroelektrarne na Spodnji Savi*. Pridobljeno 23. 3. 2022 z naslova https://www.he-ss.si/index.html.

Hrovatin, J. (2009). *Vodenje elektroenergetskih sistemov.* Ljubljana: ICES, Višja strokovna šola.

International Energy Agency. (Januar 2021). *Covid-19 impact on electricity*. Pridobljeno 21. 11. 2021 z naslova https://www.iea.org/reports/covid-19-impact-on-electricity

Javno podjetje Energetika Ljubljana d.o.o. (b. l.). *Energetika Ljubljana*. Pridobljeno 23. 3. 2022 z naslovahttps://m.energetika.si/production?SID=dhjjs97q8vmjdlgd1n48kpedlg

Klimstra, J., Hotakainen, M. (2011). *Smart power generation.* Helsinki: Avain.

Lexpera. (18. april 2020 a). *Slovenija v mesecu in pol od prve okužbe do prvega sproščanja ukrepov - kronologija* . Pridobljeno 24. 9. 2020 z naslova IUS-INFO -

Pravni informacijski portal. Pridobljeno z naslova https://www.iusinfo.si/medijsko-sredisce/dnevne-novice/262234.

Lexpera. (29. april 2020 b). *Odprava splošne omejitve gibanja na občine* . Pridobljeno 24. 9. 2020 z naslova https://www.iusinfo.si/medijsko-sredisce/dnevne-novice/262982.

Lexpera. (11. maj 2020 c). *Znova stekel javni potniški promet* . Pridobljeno 24. 9. 2020z naslova https://www.iusinfo.si/medijsko-sredisce/dnevne-novice/263628.

NIJZ. (12. junij 2020). *Koronavirus (SARS-CoV-2) - ključne informacije*. Pridobljeno 14. 9. 2020 z naslova https://www.nijz.si/sl/koronavirus-2019-ncov.

Prezelj, I., Košnjek, Z., Bugeza, M., Kopše, D., Križanič, F., Kolšek, V. (2017). *Elektroenergetska kritična infrastruktura v Sloveniji : scenariji izpadov električne energije in pomen kritične redundance.* Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.

PROCOS Documentation. (2013). *Volume I: Engineering Application guide.*

PROCOS Documentation. (2013). *Volume II: User's Guide (Part a + b).*

PROCOS Documentation. (2013). *Volume III: Program Description.*

Savske elektrarne Ljubljana d.o.o. (b. l.). *Savske elektrarne Ljubljana*. Pridobljeno 23. 3. 2022 z naslova https://www.sel.si/proizvodnja.

Skupina GEN. (b. l. a). *eSvet*. Pridobljeno 26. 8. 2020 z naslovahttps://www.esvet.si/energija/pomen-elektricne-energije.

Skupina GEN. (b. l. b). *eSvet*. Pridobljeno 26. 8. 2020z naslova https://www.esvet.si/fosilna-energija/kako-deluje-termoelektrarna.

Skupina GEN. (b. l. c). *eSvet*. Pridobljeno 26. 8. 2020 z naslova https://www.esvet.si/fosilna-energija/vrste-termoelektrarn.

Skupina GEN. (b. l. č). *eSvet*. Pridobljeno 26.8. 2020 z naslova https://www.esvet.si/drugi-viri-energije/soncna-energija.

Slovenska tiskovna agencija. (16. marec 2020 a). *Ukrepi za preprečevanje širjenja epidemije koronavirusa*. Pridobljeno 23. 9. 2020 z naslovahttps://www.sta.si/2739712/ukrepi-za-preprecevanje-sirjenja-epidemije-koronavirusa?q=gostin,lokal.

Slovenska tiskovna agencija. (20. marec 2020 b). *Strošek elektrike nižji še za del omrežnine*. Pridobljeno 23. 9. 2020 z naslova https://www.sta.si/2742639/strosek-elektrike-nizji-se-za-del-omreznine?q=cen,elektr.

Slovenska tiskovna agencija. (30. marec 2020 c). *Odslej prepoved gibanja izven občine prebivališča* . Pridobljeno 23. 9. 2020 z naslova https://www.sta.si/2746140/odslej-prepoved-gibanja-izven-obcine-prebivalisca?q=prepoved,giban.

Slovenska tiskovna agencija. (15. maj 2020 č). *Konec epidemije z zadnjim majem*. Pridobljeno 2. 10. 2021 z naslova https://www.sta.si/2763958/konec-epidemije-z-zadnjim-majem

Slovenski elektrotehniški slovar: Področje elektroenergetika: Skupina 602: Proizvodnja, prenos in razdeljevanje električne energije - proizvodnja. (1996). Ljubljana: Sloko CIGRÉ.

Soške elektrarne Nova Gorica, d.o.o. (b. l.). *SENG*. Pridobljeno 19. 3. 2022 z naslova hidroelektrarne: https://www.seng.si/hidroelektrarne/velike-hidroelektrarne/.

Termoelektrarna Brestanica d.o.o. (b. l.). *Termoelektrarna Brestanica*. Pridobljeno 31. 3. 2022 z naslova https://www.teb.si/si/proizvodnja/.
Termoelektrarna Šoštanj d.o.o. (b. l.). *Družba TEŠ*. Pridobljeno 23. 3. 2022z naslova https://www.te-sostanj.si/podjetje/o-podjetju/.

Urad RS za makroekonomske analize in razvoj. (13. julij 2020 a). *Ekonomsko ogledalo št. 5/2020*. Pridobljeno 25. 9. 2020 z naslova https://www.umar.gov.si/publikacije/ekonomsko-ogledalo/publikacija/news/ekonomsko-ogledalo-st-52020/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=1decc6f8b490f08c127023c1b527829a.

Vlada Republike Slovenije. (12. marec 2020). *Odredba o razglasitvi epidemije nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19) na območju Republike Slovenije*. Pridobljeno 23. 9. 2020 z naslova http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ODRE2550#

Wikipedia. (30. maj 2019). *Termoelektrarna*. Pridobljeno 8. 9. 2020z naslova https://sl.wikipedia.org/wiki/Termoelektrarna.

Wikipedia. (30. maj 2020 a). *Hidroelektrarna*. Pridobljeno 8. 9. 2020z naslova https://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna

Zlatarev, G. (2018). *Študija št. 2412, Zadostnost proizvodnje (adequacy) električne energije v Sloveniji.* Ljubljana: EIMV, Omejeno dostopno delo.

PRILOGA

Priloga 1: Maksimalni urni prevzem v času visoke in nizke obremenitve po tednih v letih 2017, 2018, 2019, 2020 in 2021 v [MWh/h]

	2017		2018		2019		2020		2021	
	visoka	nizka	visoka	nizka	visoka	nizka	visoka	nizka	visoka	nizka
1. teden	2033	1856	1949	1670	1928	1850	1662	1662	1990	1745
2. teden	2168	1859	1963	1759	2184	1853	2083	1767	2059	1823
3. teden	2076	1892	2060	1818	2098	1875	2072	1917	2032	1707
4. teden	2100	1903	2005	1794	2241	1980	2113	1858	1988	1707
5. teden	2074	1720	2067	1918	2128	1798	2013	1666	1952	1578
6. teden	2022	1829	2062	1766	2040	1648	2027	1639	2030	1755
7. teden	2009	1715	2084	1824	1986	1666	1943	1656	2004	1591
8. teden	1966	1626	2182	1959	1944	1698	1916	1618	1812	1519
9. teden	1864	1619	2279	2021	1948	1626	2011	1637	1834	1604
10. teden	1852	1588	2112	1709	1938	1537	1977	1627	1870	1675
11. teden	1877	1571	1901	1829	2017	1733	1923	1591	1904	1632
12. teden	1833	1543	2009	1747	1957	1612	1781	1523	1904	1567
13. teden	1797	1608	1960	1675	1899	1597	1954	1506	1735	1461
14. teden	1756	1598	1832	1552	1949	1545	1697	1441	1949	1574
15. teden	1760	1568	1809	1535	1913	1655	1601	1372	1940	1551
16. teden	1836	1634	1728	1495	1833	1599	1610	1381	1755	1476
17. teden	1737	1544	1747	1528	1841	1525	1538	1345	1682	1446
18. teden	1729	1484	1702	1527	1651	1474	1416	1167	1804	1452
19. teden	1754	1560	1774	1536	1899	1569	1546	1337	1642	1408
20. teden	1697	1516	1775	1553	1904	1563	1691	1348	1784	1464
21. teden	1759	1549	1782	1551	1771	1530	1705	1346	1780	1454
22. teden	1779	1607	1823	1576	1842	1550	1517	1349	1609	1443
23. teden	1781	1540	1815	1631	1732	1566	1594	1356	1637	1448
24. teden	1806	1548	1845	1619	1875	1669	1681	1390	1665	1509
25. teden	1819	1616	1829	1645	1863	1662	1656	1426	1775	1578
26. teden	1847	1607	1795	1578	1888	1675	1564	1379	1765	1616
27. teden	1776	1552	1875	1604	1867	1634	1674	1413	1764	1571
28. teden	1816	1552	1866	1629	1785	1525	1641	1450	1702	1483
29. teden	1715	1539	1803	1632	1708	1523	1568	1368	1611	1442
30. teden	1670	1402	1728	1520	1854	1615	1623	1443	1699	1409
31. teden	1616	1474	1703	1489	1675	1452	1552	1411	1521	1236
32. teden	1689	1451	1682	1502	1597	1415	1413	1230	1589	1432
33. teden	1693	1551	1669	1467	1674	1498	1619	1397	1713	1467
34. teden	1767	1556	1840	1622	1866	1568	1690	1452	1766	1430

35. teden	1830	1596	1774	1573	1856	1556	1676	1583	1651	1417
36. teden	1851	1589	1821	1540	1833	1576	1712	1447	1746	1455
37. teden	1814	1595	1863	1550	1774	1467	1737	1446	1817	1465
38. teden	1857	1617	1878	1691	1860	1515	1773	1460	1756	1471
39. teden	1866	1605	1894	1598	1879	1535	1782	1482	1802	1507
40. teden	1880	1643	1909	1607	1857	1556	1786	1528	1898	1522
41. teden	1891	1650	1869	1570	1903	1550	1824	1585	1908	1608
42. teden	1881	1658	1915	1623	1822	1549	1928	1550	1892	1576
43. teden	1911	1690	1932	1623	1848	1541	1789	1574	1878	1575
44. teden	1848	1646	1754	1438	1813	1481	1810	1380	1845	1531
45. teden	1939	1679	1856	1589	1836	1520	1819	1507	1900	1670
46. teden	1998	1720	1887	1667	1926	1633	1901	1568	1912	1613
47. teden	1974	1771	2047	1771	1897	1591	1891	1759	2045	1822
48. teden	2100	1806	2042	1799	1882	1621	1960	1775	2056	1786
49. teden	2058	1879	2046	1802	2057	1716	2150	1810	2191	1934
50. teden	2016	1787	2126	1855	2142	1759	2040	1777	2119	1754
51. teden	2165	1821	2151	1684	1933	1584	2035	1722	2090	1634
52. teden	1654	1513	1643	1614	1586	1498	1814	1407	1684	1421
53. teden							1583	1396		