

STROŠKOVNI MODEL UPORABE ENERAGENTOV V ČASU DINAMIČNIH CENOVNIH RAZMERIC IN ZELENEGA PREHODA

ZVONE BALANTIČ,¹ BRANKA BALANTIČ,² BRANKA JARC KOVAČIČ¹

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva 55a, Kranj, Slovenija
zvone.balantic@um.si, branka.jarc@guest.um.si

² Šolski center Kranj, Višja strokovna šola, Kidričeva 55, Kranj, Slovenija
branka.balantic@sckr.si

Povzetek V sodobni zgodovini so se vedno pojavljala nihanja cen energentov, ki so bila posledica zapletenih ekonomskih situacij. Vsaka kriza povzroči razvoj in fokusiranje tehnologije zaradi iskanja aktualnih alternativnih virov. Tudi v Sloveniji je energetska situacija zelo dinamična, zato je razumljivo, da vsakdo išče optimalno pot iz vrtinca ekonomske globeli. Omejili se bomo na energetske preskrbo individualne enodružinske hiše za potrebe ogrevanja. Stroškovni model temelji na uporabi najpogostejše uporabljenih energentov v Sloveniji. Živimo v gozdni deželi, kjer najpogostejše uporabimo biomaso, kot glavni energent. Kljub mišljenju, da je biomasa v ruralnih predelih cenen energent, ugotavljamo, da je uporaba toplotne črpalke v vseh pogojih in okoljih najbolj utemeljena naložba, medtem pa moramo imeti v mislih tudi neoviran zeleni prehod.

Ključne besede:

energent,
ogrevanje,
ekonomika,
zeleni
prehod

COST MODEL OF ENERGY USE UNDER DYNAMIC PRICE RELATIONSHIPS AND THE GREEN TRANSITION

ZVONE BALANTIČ,¹ BRANKA BALANTIČ,² BRANKA JARC
KOVAČIČ¹

¹ University of Maribor, Faculty of organizational sciences, Kidričeva 55a, Kranj,
Slovenia

zvone.balantic@um.si, branka.jarc@guest.um.si

² School centre Kranj, Higher Vocational College, Kidričeva 55, Kranj, Slovenia
branka.balantic@sckr.si

Abstract Throughout modern history, there have been fluctuations in the prices of energy products due to complex economic situations. Each crisis leads to the development and focus of technology in search of current alternative sources. The energy situation in Slovenia is also very dynamic, so it is understandable that everyone is looking for an optimal way out of the economic vortex. We limit ourselves to the energy supply of a single family house for heating purposes. The cost model is based on the use of the most commonly used energy products in Slovenia. We live in a country rich in forests, where biomass is the most frequently used energy source. Despite the impression that biomass is a cheap energy source in rural areas, we find that the use of a heat pump is the most justifiable investment in all conditions and environments, while also keeping in mind the unobstructed green transition.

Keywords:

energy
source,
heating,
economics,
green
transition

1 Uvod

Pandemija COVID-19, nato pa še vojna v Ukrajini in posledice političnih nestabilnosti v svetu, so premešali utečene ekonomske odnose na področju energetike in tako sprožili krizno upravljanje z energenti. Poleg pomanjkanja energentov smo se znašli tudi pod pritiskom špekulacij in napihnenih ekonomskih pričakovanj na borzi vseh energentov. V tako nestabilnem tržnem okviru je zelo težko oblikovati zanesljive dolgoročne stroškovne modele uporabe energentov. Kljub temu smo na podlagi fizikalnih lastnosti energentov in zakonitosti trga sledili njihovi uporabi v času dinamičnih cenovnih razmerij s poudarkom na zelenem prehodu.

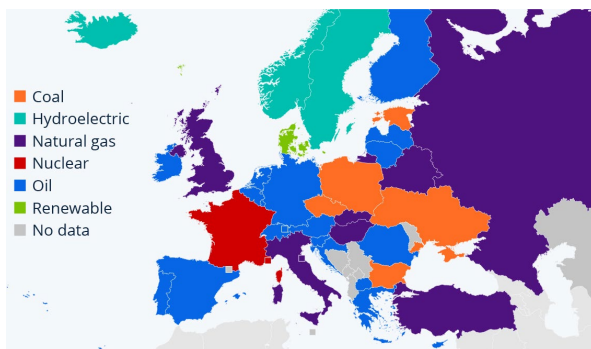
Ko je človek začel izkoriščati toploto ognja, se je vse bolj intenzivno začel umikati v zaprte prostore, kamor je toploto tudi bolj ali manj uspešno shranjeval in akumuliral. Danes človek večino svojega časa (celo do 90%), preživi v zaprtih prostorih (Balantič, Polajnar, & Jevšnik, 2016), kar nam glede zdravega življenja ne more biti v ponos, toda če to vzamemo kot dejstvo, je za ta čas pač potrebno pripraviti čimbolj primerno in zdravo bivalno okolje.

Svetovna zdravstvena organizacija je opredelila pojem sindrom bolne zgradbe (angl. Sick Building Syndrome – SBS), ki pravi, da je kakovost zraka v prostoru neustrezna, ko 20 % ljudi v njem občuti ugodju in predvsem zdravju škodljiv vpliv. Občutek slabega zdravja povečuje zdravstveno odsotnost z dela ter povzroča zmanjšanje produktivnosti delavcev (EPA, 2016).

Ko govorimo o zaprtih prostorih najprej pomislimo na ustrezno temperaturo v prostorih in s tem tudi na toploto. Nikakor ne smemo pozabiti tudi, da se v zaprtih prostorih zaradi izdihanega zraka lahko močno poveča koncentracija CO₂, kar izzove zaspanost in slabšo koncentracijo ljudi, ki tam bivajo in delajo. Če notranje prostore slabo prezračujemo se lahko pridružijo še težave s pojavom plesni in zaradi vplivov na dihalni sistem, zdravje ljudi postane še bolj ogroženo.

Toplotno energijo smo v Sloveniji tradicionalno pridobivali z zgorevanjem fosilnih goriv - energentov, ki so običajno organskega izvora in se nahajajo v naravi kot omejena dobrina. Kljub preteklemu izrazitemu izkoriščanju biomase, je v sodobnem

času v Sloveniji in v velikem delu Evrope začel prevladovati lagoden način priprave toplote z izgorevanjem ekstra lahkega kurilnega olja (ELKO) (slika 1).



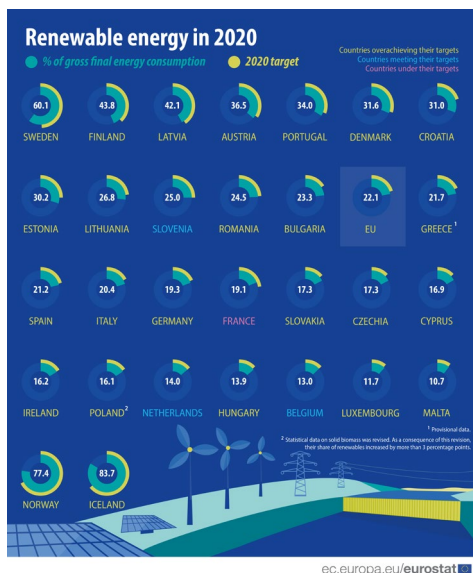
Slika 1: Najbolj uporabljeni viri energije v Evropi v letu 2021

Vir: (Fleck, 2022)

Sodobna miselnost in osveščenost pa nas vse bolj usmerjata v izkoriščanje alternativnih virov energije, ki izvirajo iz stalnih naravnih procesov. V ta nabor spada sončna energija, geotermalna energija, energija vetra, energija voda, biogoriva in biomasa. Za vse našteje vire je značilno, da se obnavljajo, naša naloga pa je, da vir energije čimbolj učinkovito pretvorimo v nam uporabno obliko energije (ogrevanje nosilca toplote, proizvodnja električne energije...), zato v ta sklop uvrščamo tudi sisteme za skladiščenje te energije.

V evropskih domovih je proizvodnja energije še močno vezana na uporabo fosilnih goriv (slika 1), vendar nas energetske krize vse bolj silijo k razmišljanju o alternativni. V Evropi se je ta proces zares začel leta 1997 z objavo Bele knjige o obnovljivih virih energije (European Commission, 1997). V Beli knjigi je bilo zapisano, da naj bi do leta 2010 delež energije iz obnovljivih virov v EU dosegel 12 %. Na podlagi trendov in načrtov je kasneje Evropska komisija pripravila še zeleno knjigo o evropski strategiji za trajnostno, konkurenčno in varno energijo (European Commission, 2006). Omenimo lahko še en dokument - Sporočilo komisije evropskemu parlamentu, svetu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in Skupščini predstavnikov regionalnih in lokalnih oblasti EU (European Commission, 2010), namenjen pogledu na omenjeno področje do leta 2020. Dejanska realizacija dogovorov v posameznih članicah EU nekoliko odstopa od zastavljenih ciljev (slika

2). Zastavljeni cilji in dejansko doseženi rezultati so v zadnjem obdobju postali žrtev nenačrtovanih dogodkov in stanj. Pojavilo se je res veliko število spremenljivk, ki lahko vsakodnevno vplivajo na oblikovanje realnih ali špekulativnih cen energentov na svetovnem in domačem trgu. Že od nekdaj je gonilo cenovnih razmerij na trgu energentov predstavljala cena ELKO, zato smo tudi v našem modelu izhajali iz te osnove.



Slika 2: Izpolnjevanje zastavljenih načrtov uporabe obnovljivih virov energije v državah EU v letu 2020

Vir: (Eurostat, 2022)

Največji izziv predstavlja sledenje dinamičnim spremembam cen energentov z upoštevanjem dejanskih izkoristkov ogrevalnih naprav pri variabilnih izolativnih lastnostih individualnih bivalnih enot.

2 Materiali in metode

Odločili smo se, da o zamenjavi ogrevalnega sistema z ustrežnejšim, razmislimo na podlagi vsestranske analize. Zaradi velikega števila spremenljivk, ki so vključene v ekonomsko bilanco ogrevanja, je racionalno, da pri analizi izhajamo iz dinamike spreminjajočih cen zelo razširjenega energenta. V našem primeru je ta energent

ELKO, saj je ta način ogrevanja tudi uradno najbolj pogost v slovenskih gospodinjstvih.

Različne vrste energentov na trgu srečamo v različnih cenovnih enotah, ki so vezane na ustrezno transportno obliko (Tabela 1, stolpec B). Neposredna primerjava med različnimi osnovami ni mogoča, zato je potrebno najti ustrezno specifično obliko, ki je vsestransko primerljiva. Pri tem si pomagamo s fizikalno lastnostjo posameznega energenta - kurilno vrednostjo (H_0) (Tabela 1, stolpec C).

Na ta način lahko izračunamo ceno energenta, ki temelji na enoti za energijo - kWh. Enota se sicer v Mednarodnem sistemu enot SI ne uporablja več, vendar je pri energentih pogosto uporabljena ($1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$).

Tabela 1: Cenovne enote, kurilna vrednost in povprečna cena energenta v letu 2022

A) Energent	B) Obič. cen. enota	C) Kurilna vrednost H_0	D) Povprečna cena v 2022	E) Izkoristek η
ELKO	[€/l]	10 kWh/l	0,13 €/kWh	0,65 – 0,85
Plin	[€/m ³]	9,470 kWh/m ³	0,083 €/kWh	0,85 – 0,98
Peleti	[€/kg]	4,9 kWh/kg	0,081 €/kWh	0,85 – 0,95
Drva (bukova, $\varphi < 25\%$)	[€/m ³]	3078 kWh/ m ³	0,028 €/kWh	0,80 – 0,93
El. en. (uporovno ogr.)	[€/kWh]	1 kWh/kWh	0,162 €/kWh	0,85
El. en. (toplotna črpalka)	[€/kWh]	1 kWh/kWh	0,162 €/kWh	COP=3 - 4

Cene energentov so zelo odvisne od tržnih zakonitosti in borznih aktivnosti, toda v letu 2022 so se zgodili še dodatni nenadzorovani premiki s primesmi špekulacije. Cena energentov se je v letu 2022 močno spreminjala, celo tako, da je bilo potrebno dinamiko umiriti z regulacijo cen ključnih energentov, kot so ELKO, plin in električna energija. Tradicionalno pa so na ceno omenjenih energentov vezane tudi cene biomase (drva, peleti, sekanci...).

Izjemne dinamične oscilacije cen so zahtevale dokaj natančno sledenje njihovim spremembam, zato smo se odločili, da bomo sledili cenovnim razmeram na tedenskem nivoju. Podatki o letni povprečni ceni energenta so zgolj informativne narave, saj so za bilančno analizo bolj primerne tedenske analize. Povprečne cene

energentov v obdobju od januarja 2022 do decembra 2022 so navedene v 4. stolpcu tabele (Tabela 1, stolpec D). Gibanje cen v letu 2022 je natančneje opredeljeno v naslednjem poglavju Rezultati.

Teoretični izračuni prevečkrat idealizirajo pretvorbo energije, zato je za realno oceno potrebno upoštevati izkoristek posameznih kurilnih naprav. Zelo pomembno je tudi ali izberemo nizkotemperaturni ali visokotemperaturni sistem ogrevanja. Iz termodinamičnih zakonov izhaja, da so izkoristki ogrevalnih naprav (η), ki delujejo pri nižjih temperaturah, višji. Izkoristki ogrevalnih naprav so različni že zaradi različnih pristopov pri zgorevanju energenta in zaradi konstrukcijskih posebnosti (Tabela 1, stolpec E).

Seveda je cena koristne energije z upoštevanjem izkoristka kar precej drugačna, kot to kaže idealna slika.

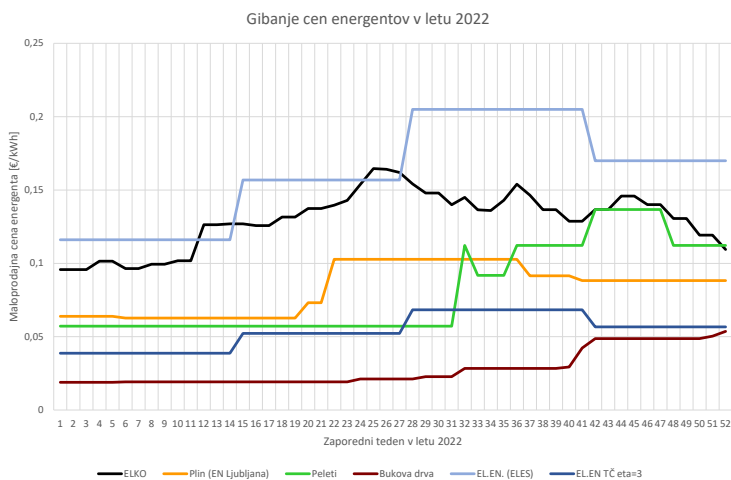
Predvideno tedensko spreminjanje cen in pojav faznih zamikov ter nepojasnjeni špekulativni skoki cen energentov zahtevajo tekoče sledenje dinamiki cenovnih diferenc glede na ELKO. Za natančni izračun smo uporabili realne podatke iz javno dostopnih virov, ki beležijo gibanje cen energentov. Pri analizi smo želeli vsestransko slediti realnemu stanju, zato nismo uporabili le čiste cene energenta, pač pa tudi dostavo in prispevke (takse, omrežnine, trošarine, prispevki, davki). Na ta način smo se kar najbolj natančno približali odgovorom na vprašanja, ki si jih zastavljajo potrošniki glede najcenejšega energenta.

Naj poudarimo, da do univerzalnega odgovora vodi še enotno izhodišče glede na energetska potratnost objekta. Stanovanjski objekti so izolirani različno in so posledično različno ocenjeni glede na energetska potratnost (energetska izkaznica).

3 Rezultati

Zbrali smo podatke o ceni določenega energenta v posameznem tednu leta 2022. Podatki za ceno ELKO, plin in za električno energijo so zanesljivi in javno dostopni (SiStat, 2022), medtem, ko so podatki za ceno pelet in drv zelo različni od dobavitelja in prodajnega kanala. Končno ceno smo razbrali iz podatkov individualnih ponudnikov (oglaševanje in uradni ceniki) in veletrgovcev (uradni ceniki).

Iz diagrama (slika 3) je razvidno, da se je cena ELKO do sredine leta 2022 (25. teden) postopoma dvigala, potem pa se je s cenovnimi nihanji do konca leta počasi spuščala (regulacija cen).

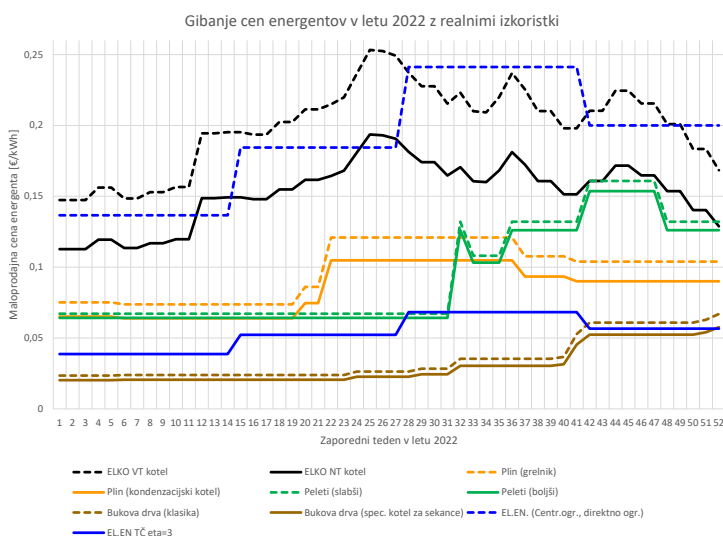


Slika 3: Gibanje cen energentov v RS v letu 2022

Jasno so vidne tudi koračne cenovne spremembe električne energije (14. in 27. teden), ki jo uporabimo direktno za pretvorbo v toploto (EL. EN. (ELES)), ali kot vloženo energijo za toploto pridobljeno iz toplotne črpalke (EL. EN. TČ) z grelnim številom $COP = 3$ (COP – Coefficient of Performance - je razmerje med vloženo električno energijo in pridobljeno toplotno energijo). Cena električne energije je nekoliko padla v 41. tednu. V obdobju od 19. do 23. tedna je jasno viden velik dvig cen plina (Energetika Ljubljana, 2022), ki mu sledi obdobje regulacije cen in nato v 36. in 41. tednu delni padec cen. Prve spremembe cen pri biomasi (bukova drva) opazimo v 23. tednu. Značilnost dinamike cene biomase je, da se vztrajno stopničasto dviguje in proti koncu leta asimptotično doseže ceno energije, pridobljene iz toplotne črpalke. Najbolj špekulativno podobo dviga cen pa opazimo pri peletih, kjer so se proizvajalci odzvali z nenadnim cenovnim skokom v 31. tednu, ki mu je sledil odboj in nato ponovni dvig cen v 35. tednu in nato še enkrat v 41. tednu. Nerealni nivo se je po 6 tedenskem vztrajanju spustil na nivo pred zadnjo podražitvijo.

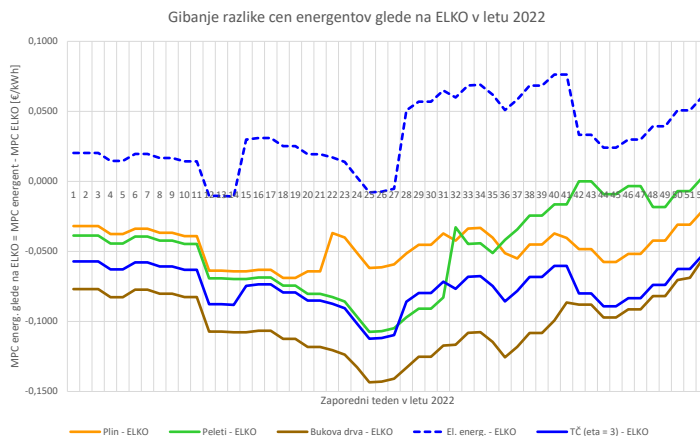
Vsakega od omenjenih energentov je potrebno v ogrevalni napravi pretvoriti v uporabno energijo, pri tem pa pride do bolj ali manj uspešne pretvorbe, kar merimo z izkoristkom naprave. Termodinamične zakonitosti pri pretvorbi energije so zelo pomembne, saj se izkoristek močno spremeni in je odvisen od obratovanja pri visoki (VT) ali nizki temperaturi (NT).

Ob upoštevanju realnega okolja in teh termodinamičnih dejstev je cena energije za posamezne vrste ogrevanja še dodatno korigirana (slika 4).



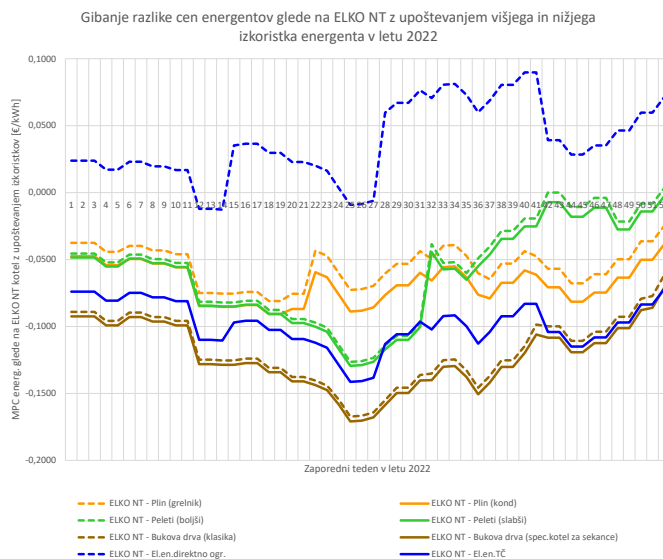
Slika 4: Gibanje cen energentov v letu 2022 z upoštevanjem realnih izkoristkov naprav v katerih pretvarjamo energijo (kotli)

S pomočjo realnega vpogleda v gibanje cen opazimo še dodatna cenovna odstopanja (slika 5). Za metodološko korektno oceno je zelo pomembno, da izjemno dinamične spremenljivke prikazemo v specifični obliki glede na ceno ELKO. V diagramu je jasno vidna dinamika absolutne razlike maloprodajne cene (MPC) posameznega energenta glede na MPC ELKO.



Slika 5: Gibanje cenovne diference med ELKO in izbranim energentom (Cena ELKO – cena določenega energenta)

Negativne vrednosti predstavljajo kdaj in koliko je energent cenejši od ELKO, pozitivne vrednosti pa ravno obratno. Tudi v tem primeru je potrebno prikazati realno stanje z vključevanjem izkoristkov (slika 6).



Slika 6: Gibanje cenovnega razmerja energentov v letu 2022, glede na ceno ELKO z upoštevanjem najvišjega in najnižjega izkoristka ogrevalnih naprav

4 Razprava

Velikokrat nas avtorji različnih prispevkov obveščajo o cenovnih spremembah energentov. Žal je cena običajno predstavljena v absolutni obliki glede na enoto v kateri je energent na voljo. Seveda je realna primerjava dejanskih razmerij učinkov in s tem koristne energije zapletena. Prav zato smo se odločili, da prikažemo vsestransko primerjavo stroškov energenta na enotni osnovi [€/kWh] in s specifičnim termodinamičnim pogledom na energetske učinkovitost pretvorbe energije. Posamezni rezultati kažejo postopnost razmišljanja, ki ga lahko ponovno izvedemo v novih spremenjenih medsebojnih cenovnih razmerjih največkrat uporabljenih energentov v Sloveniji. Zavedamo se, da naš pristop ne more biti absoluten, saj v obravnavanem sistemu veljajo zakoni termodinamike, ki jasno razložijo, da je izkoristek pretvorbe energije boljši pri nižjih temperaturah (nizkotemperaturni kotli). Termodinamične zakonitosti smo sicer upoštevali pri oceni izkoristkov, vendar je potrebno vedeti, da je v uporabi mnogo različnih kombinacij – od navadnih starejših kotlov, do novejših kondenzacijskih kotlov, kjer prihaja do dodatnega izkoriščanja proizvedene toplote, kjer se izkoristki dodatno dvignejo. Seveda je smiselno tudi razmišljanje o energetske učinkovitosti stavb, kjer je potrebno vključiti še ustreznost izbire ogrevalne naprave glede na toplotne potrebe. Posebno poglavje je še prenova ogrevalnega sistema z investicijskim načrtom. Kljub vsem dejstvom pa lahko sledimo cenovnim trendom energentov, ki pa so v prispevku jasno opredeljeni in izpostavljeni. Končni rezultat je torej povsem realna ocena stroškov posamezne vrste ogrevanja.

Rezultati jasno kažejo na izjemno in neobičajno dinamiko gibanja cen energentov v letu 2022. Pojavljale so se priložnosti za špekulativna dejanja trgovcev z energenti, kar je jasno razvidno iz vseh diagramov. V tem pogledu so najbolj odstopali ponudniki pelet, saj so povsem izgubili občutek za tržni sistem, kar jih je nenazadnje še pred koncem leta 2022 pripeljalo do izenačitve stroškov ogrevanja z ELKO. Kljub reguliranim cenam določenih energentov je podoben trend viden tudi pri ogrevanju s plinom. Če je ogrevalna naprava nekoliko starejša, izkoristek naredi svoje in rentabilnost ogrevanja s plinom se proti koncu leta 2022 odločno približa ceni ogrevanja z ELKO. V zadnji tretjini leta 2022 se je zgodil tudi nenavadni približek – strošek uporabe biomase se je prvič približal stroškom ogrevanja s toplotno črpalko in v zadnjih tednih postal celo dražji. Ob tem smo predpostavili vrednost grelnega števila 3. Sodobne toplotne črpalke v optimalnih delovnih pogojih dosegajo COP 4

in več. Direktno ogrevanje z električno energijo je jasno najdražje, medtem, ko je bilo zadnji teden v letu 2022 najcenejše ogrevanje s toplotno črpalko, ki je bilo za 0,0722 €/kWh cenejše od nizekotemperaturnega sistema ELKO. Seveda je možno odnos med posameznimi cenami tudi relativizirati in pokazati procentualna razmerja.

Vse ugotovitve so jasno razvidne iz diagramov v poglavju razprava, vendar je potrebno poudariti, da je leto 2022 zelo posebno, saj je svetovni trg energentov pretreslo kar nekaj interferenčnih dejanj. V celotni ekonomski sistem so vstopili tudi špekulanti, ki so še dodatno razburkali običajna sezonska nihanja po sistemu ponudba – povpraševanje. Umirjanje cenovnih nesorazmerij je bilo potrebno izvesti tudi s pomočjo posega na prosto gibanje cen. Morda so pri tem najbolj odstopali ponudniki pelet, ki se zanašajo na dokaj nove naprave v lasti porabnikov energentov. Ti so naprave kupili v času, ko so bila cenovna razmerja zelo ugodna za uporabo teh naprav. Potrošniki bodo verjetno počakali na iztrošenost teh naprav in takrat se bodo verjetno odločili za obnovo sistemov ogrevanja tudi s spominom na dinamiko v letu 2022.

5 Zaključek

Sodobni trend ogrevanja in priprave tople sanitarne vode gre v smeri izkoriščanja alternativnih in obnovljivih virov energije. V Sloveniji se množično odločamo za vgradno sončnih sistemov – elektrarn za proizvodnjo električne energije, ki jo potrebujemo za pogon toplotnih črpalk in polnjenje mobilnih sistemov (avtomobili) in hranilnikov energije (stacionarne baterije). Rentabilnost takih sistemov lahko izračunamo v naslednjem koraku, ko poznamo velikost teh sistemov, pretvorbo energije, hranjenje energije in seveda vzdržljivost naprav (življenjska doba). Tako lahko določimo časovno obdobje povrnitve vloženi sredstev (amortizacija). Ob različnih idejah ne smemo pozabiti na dejstvo, ki izvira iz vseh termodinamičnih zakonov in pravi, da je vsaka pretvorba energije iz ene oblike v drugo v realnosti obremenjena z izkoristkom naprave oziroma sistema, kjer prihaja do pretvorbe te energije. Naš zeleni prehod vsekakor postaja realnost, kar dokazuje tudi naša študija, ki izpostavlja in potrjuje smer vektorja razvoja energetskega sistema v Sloveniji in Evropi.

Literatura

- Balantič, Z., Polajnar, A., & Jevšnik, S. (2016). *Ergonomija v teoriji in praksi*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Energetika Ljubljana. (december 2022). Ceniki. Pridobljeno iz Info za uporabnike: <https://www.energetika.si/ceniki-0>
- EPA. (2016). EPA -- US Environmental Protection Agency. Pridobljeno iz Indoor Air Quality (IAQ): <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>
- European Commission. (1997). *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy - White Paper for a Community Strategy and Action Plan*. Brussels: European Commission.
- European Commission. (2006). *Green Paper: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*. Brussel: Commission of the European Communities.
- European Commission. (2010). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussel: European Commission.
- Eurostat. (december 2022). Share of energy from renewable sources. Pridobljeno iz Dataset: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_ind_ren
- Fleck, A. (december 2022). The Most Used Energy Sources in Europe. Pridobljeno iz Statista: <https://www.statista.com/chart/28456/energy-mix-in-europe/>
- SiStat. (december 2022). RS Statistični urad. Pridobljeno iz RS Statistični urad - Cene energentov: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/H028S.px/table/tableViewLayout2/>

