

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337889847>

Analiza osjetljivosti snabdijevačkih lanaca drvnim peletom za realne uslove koji odgovaraju Bosni i Hercegovini

Conference Paper · November 2018

CITATIONS

0

READS

110

7 authors, including:



Srđan Vasković

University of East Sarajevo

52 PUBLICATIONS 101 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Krsto Batinić

University of East Sarajevo

8 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Velid Halilović

University of Sarajevo

75 PUBLICATIONS 144 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Petar Gvero

University of Banja Luka

82 PUBLICATIONS 211 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



ANALIZA OSJETLJIVOSTI SNABDIJEVAČKIH LANACA DRVNIM PELETOM ZA REALNE USLOVE KOJI ODGOVARAJU BOSNI I HERCEGOVINI

Srđan Vasković¹, Zoran Radović², Krsto Batinić³, Velid Halilović⁴, Petar Gvero⁵,
Anto Gajić⁶ Maja Mrkić Bosančić⁷

Rezime: Biomasa predstavlja značajan obnovljivi resurs. Posebno ako se njenom korišćenju prilazi sistematski i uz dobro planiranje. Drvna biomasa je najznačajniji predstavnik biomase koji se već uveliko koristi u proizvodnji peleta. S obzirom da je veliki broj mašina, postrojenja, ljudi i opreme uključen u proizvodni lanac peleta, potrebno je ustanoviti koji to faktori i koliko utiču na ovaj proces. Prije svega misli se na konačno formiranje cijene drvnog peleta i njegove zavisnosti od drugih energenata, cijena sirove biomase, transportnih distanci, cijene električne energije i slično. Ovaj rad je spojio proizvodni lanac peleta sa postrojenjem i distribucijom toplote u objekat preko odgovarajućeg matematičkog modela. Upravo smo u prošle dvije godine bili svjedoci nedostataka drvnog peleta i naglog porasta njegove cijene na tržištu. To svakako dodatno promoviše ovu problematiku i daje joj smisao za istraživanje. Postavlja se pitanje šta su realni uslovi pri kojima treba da dođe do povećanja cijena peleta na tržištu i za koliko? Odgovore na to daje ovaj rad.

Ključne reči: drvni pelet, proizvodnja, lanac snabdijevanja, proizvodni trošak, energetska efikasnost, emisija CO₂, analiza osjetljivosti

¹ Dr Srđan Vasković, Mašinski fakultet, Univerzitet Istočno Sarajevo, I. Sarajevo, BiH, srdjan_vaskovic@yahoo.com

² Mr Zoran Radović, SMED engineering, Sarajevo, BiH, z.radovic83@gmail.com

³ Dip. inž. maš. Krsto Batinić, Mašinski fakultet, Univerzitet Istočno Sarajevo, I. Sarajevo, BiH, krsto94@gmail.com

⁴ Dr Velid Halilović, Šumarski fakultet, Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, BiH, velidha@yahoo.com

⁵ Dr Petar Gvero, Mašinski fakultet, Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka, BiH, gvero.petar@gmail.com

⁶ Dr Anto Gajić, Mašinski fakultet, Univerzitet Istočno Sarajevo, I. Sarajevo, BiH, antogajic@yahoo.com

⁷ MSc. Maja Mrkić Bosančić, Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva RS, maja_mb@hotmail.com

SENSITIVITY ANALYSIS OF WOOD PELLETS SUPPLY CHAIN FOR REAL CONDITIONS CORRESPONDING TO BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract: Biomass represents a significant renewable resource. Especially if its use is approaching systematically and with good strategic planning. Wood biomass is the most important representative of biomass and already used in pellet production. Given that a large number of machines, plants, people and equipment are included in the pellet production chain, it is necessary to determine which factors and how much they have influence this process. First of all, it refers to the final formation of the price of wood pellets and its dependence on other fuels, prices of raw biomass, transport distances, electricity prices and something like these. This work has linked together the pellet production chain with the heat plant and distribution of heat in the object through an appropriate mathematical model. We have just witnessed the defects of wood pellets and the sudden rise in its price in the past two years. This certainly further promotes this issue and gives it a sense of research. The question is, what are the real conditions in which the price of pellets should increase in the market and for how much? The answer to this is given by this paper.

Key words: wood pellet, production, supply chain, production cost, energy efficiency, CO₂ emissions, sensitivity analysis.

1 UVOD

Proizvodnja goriva od biomase posebno je intezivirana u posljednje vrijeme. Za to postoje različiti razlozi kako energetskog, ekološkog ali i ekonomskog karaktera. Tržište gorivima od biomase u BiH je veoma neuređeno i ne postoje ni jasni ni precizni podaci o količinama ovih goriva koliko su zastupljeni i učestvuju na domaćem tržištu a koje se količine u obliku peleta izvoze u inostranstvo. S obzirom da se drveni pelet uglavnom proizvodi od ostataka od prerade iz primarne i sekundarne drvne industrije onda su i količine tog ostatka ograničene i usko vezane sa drvnom industrijom. Proizvodnja drvne sječke kao biogoriva uglavnom potiče takođe iz primarne i sekundarne prerade iz drve industrije. Na neki način ova dva tipa biogoriva nalaze se u suprostavljenom položaju jer koriste iste izvore ostatka od prerade drveta. Na taj način sa instalacijom novih postrojenja za proizvodnju peleta ugrožavaju se količine drvnog ostatka potrebne za snabdijevanje toplana i energena koje kao gorivo koriste drvnu sječku. Iz razloga što još u BiH ne postoje mogućnosti postizanja ugovornog snabdijevanja drvnim ostatkom od sječe sa javnim preduzećima koja gazduju šumama, to dovodi do značajnog nedostatka drvnog ostatka i za fabrike peleta i za toplane koje koriste drvnu sječku. Upravo smo u 2017 godini bili svjedoci nedostatka drvnog peleta i naglog porasta njegove cijene na tržištu. To svakako dodatno promovise ovu problematiku i daje joj smisao za istraživanje.

Pored svih prethodno nabrojanih problema koji se javljaju pri korišćenju peleta kao goriva, postoje: tehnički, energetski, ekonomski ali i ekološki parametri koji ograničavaju primjenu drvnog ostatka za proizvodnju peleta. Prvenstveno, misli se na transportne distance, vlagu, cijene fosilnih goriva, dostupnost resursa, kapaciteti mehanizacije, investicioni troškovi, itd. Ukoliko se uzmu svi ovi parametri u obzir onda se može dobiti značajno jasnija slika o mogućnostima korišćenja ovog biogoriva. S obzirom da se radi o jako velikom broju zavisnosti i elemenata koji sačinjavaju proizvodni lanac drvnog peleta, potrebno je napraviti matematički model svih elemenata lanca snabdijevanja ovim gorivom.

Vrednovanje snabdijevačkih lanaca proizvodnje drvnih peleta uključuje određivanje vrijednosti povezanih sa svakom fazom lanca snabdevanja, koji uključuje

nabavku sirovina, ulaznu logistiku sirovina, preradu sirovina u pelete i izlaznu logistiku prema krajnjem potrošaču [1].

Planiranje transportne logistike je veoma bitan faktor u lancu snabdijevanja drvnim peletom, zajedno sa cijenama goriva za pokretanje mehanizacije i cijenom rada pojedinih izvršioaca na mašinama koje učestvuju u lancu snabdijevanja. To sve zahtijeva izbor optimalne transportne logistike i optimalne logistike prikupljanja biomase. Pettersson and Segerstedt [2] definišu troškove logistike parcijalno kao dio troškova koji se odnosi na transport ili distribuciju i dio troškova koji se odnosi na skaldištenje.

Nije moguće ekonomično prevoziti drvene ostatke poput strugotine, piljevine i / ili drvene sječke na velika rastojanja zbog njihovih malih nasipnih gustina [3, 4]. Predviđeno je da se transportuju presovani peleti od drveta većih energetskih gustina. Međutim, duža rastojanja svakako, za transport sirovina ili gotovih peleta, manje su ekonomski isplativa za proizvođača. [4].

Transport željeznicom je vrlo ekonomičan transport vrlo pogodan za distribuciju peleta. Međutim, željeznica nije dostupna svim proizvođačima peleta. Transport peleta željeznicom u Kanadi doprinosi vrlo progresivnom razvoju ekonomičnog tržišta peleta u ovoj državi [5].

Pojam koncepta energetskog lanca definisan je kao putanja energetskih transformacija od izvora goriva pa sve dokrajnih korisnika [6].

Biogoriva se identifikuju kao potencijalno rješenje za trošenje i nedostatak rezervi fosilnih goriva, rastuće i promjenjive cijene nafte, ali i obezbjeđuju čist, obnovljiv izvor energije. Glavna prepreka koja sprečava komercijalizaciju lignoceluloznih biorafinerija je složen proces konverzije i njihov odgovarajući lanac snabdijevanja koji treba biti uspostavljen i jasno definisan na lokalnom nivou primjene. Efikasno upravljanje lancem snabdijevanja lignoceluloznom biomasom je ključni za uspjeh biogoriva druge generacije. Rad [7], sistematski opisuje energetske potrebe, energetske ciljeve, sirovine biogoriva, procese konverzije i konačno pruža sveobuhvatan pregled projektovanja i modelovanja lanca snabdijevanja biomasom (BSC-biomass supply chain). Od posebnog značaja je to što je ovim radom dat detaljan pregled matematičkih modela programiranja razvijenih za lanac snabdijevanja biomasom i identifikacija ključnih izazova za potencijalna buduća istraživanja. Pregled ovog rada pruža polaznu tačku za razumijevanje sirovina biomase za proizvodnju biogoriva, kao i detaljnu analizu projektovanja i modelovanja lanca snabdijevanja biomasom.

2 MODELIRANJE PROCESA PROIZVODNJE DRVNOG PELETA

Za proces proizvodnje drvene sječke, briketa ili peleta, potrebno je prvo usitniti početni drveni ostatak na određenu granulaciju, zatim osušiti. Ako se proizvodi drvena sječka onda se proizvodna linija završava na mašinama za grubo sitnjene drveta na određenu granulaciju. Ukoliko želimo proizvesti drveni briket ili pelet nakon grubog usitnjavanja, dobijena drvena sječka se suši u rotacionim sušarama, zatim se dodatno fino usitjava da bi se kasnije briketirao ili peletirao. Da bi se mogla da procijeni ukupna potrošnja energije u energetskom lancu za proizvodnju goriva i energije uopšte, neophodno je izračunati sve utrošene energije svedene na oblik primarne energije (toplotnu moć). Na taj način, moguće je izvršiti sumiranje svih utrošenih oblika energije i goriva u energetskom lancu proizvodnje. To praktično znači da sve energetske konverzije koje se dešavaju u mašinama i postrojenjima u energetskom lancu definisane su odgovarajućim faktorima efikasnosti uopšte.

Modeliranje energetskih lanaca treba da se zasniva na modularnosti. To praktično znači da je neophodno da se matematički izmodelira svaki element energetskog lanca kao nezavisan entitet kojiće sam za sebe predstavljati elementarni matematički model i učestvovati u komponovanju strukture energetskog lanca. To modeliranje elemenata snabdijevačkog lanca gorivima uključuje nekoliko različitih kriterijuma kao što su tehničke, logistike, energetske, ekonomske ili faktore uticaja na životnu sredinu. Ovo je dobar pravac za opis bioenergetskih lanaca. Pristup modeliranju svih elemenata lanca trebalo bi da je baziran sa aspekta utrošene energije u svakom elementu lanca. Proračun svih drugih kriterijuma svodi se na proračun troškova proizvodnje, emisije CO₂, investicionih troškova svedenih na vrijednost instalisane snage svih potrošača u energetskom lancu, kao i kvaliteta energetske forme koju taj lanac proizvodi.

Za proizvodnju biogoriva od drvene biomase potrebno je angažovati: različite tipove mehanizacije, postrojenja za preradu biomase u upotrebljivo gorivo, ljudske i druge resurse.

U nastavku se daje matematički pristup opisu pojedinih elemenata snabdijevačkog lanca biogorivima u skladu prema usvojenom konceptu za izračunavanje funkcija (f_{1j} , f_{2j} , f_{3j} , f_{4j}), gdje su: f_{1j} energetska efikasnost snabdijevačkog lanca biogorivima, f_{2j} proizvodni trošak po 1 kWh dobijenog goriva, f_{3j} specifična emisija ugljendioksida prema 1 kWh proizvedenog goriva i f_{4j} specifični investicioni trošak u sve elemente i uređaje snabdijevačkog lanca biogorivima. U nastavku ovog teksta biće ukratko nešto rečeno o ova četiri parametra.

2.1. Energetska efikasnost snabdijevačkog lanca

Ukupni faktor energetske efikasnosti kompletnog lanca, uključujući energetsko postrojenje, gubitke u prenosu energije putem mreže i naravno sve nivoe transformacija, definisan je sa [8]:

$$f_{1j} = \left(1 - \sum_{k=1}^q \frac{e_{ckj}}{e_{pkj}} \right) \cdot \mu_{bj} \cdot \mu_{ej} \cdot \mu_{tj} \cdot \mu_{gj} \cdot \mu_{dj} \cdots \mu_{end,usej} \quad (1)$$

gdje je:

- e_{cqj} - primarna energija utrošena u jednom elementu lanca izražena u kWh,
- e_{pqj} - donja toplotna moć one količine biomase procesuirane u jednom elementu lanca u kWh,
 - k - brojač elemenata u energetskom lancu,
 - q - ukupni broj elemenata u energetskom lancu,
 - j - broj energetskih lanaca,
- $\mu_{bj} \cdot \mu_{ej} \cdot \mu_{tj} \cdot \mu_{gj} \cdot \mu_{dj} \cdots \mu_{end,usej}$ - faktori energetske efikasnosti za: kotlove, razmjenjivače toplote, turbine, generatore, distribuciju energije, krajnje elemente korištenjai drugo [9].

2.2. Proizvodni trošak snabdijevačkog lanca energijom

Proizvodni troškovi (operativni i održavanje) sračunati su i podijeljeni na ukupne godišnje fiksne i varijabilne troškove. Za tehnologije proizvodnje struje, uključujući kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije dominantan je kapacitet proizvodnje elektriciteta. Za tehnologiju proizvodnje toplote dominantan je

toplotni kapacitet i proizvodnja toplote. Ukupni proizvodni troškovi dati su tipično u jedinicama €/MWh ili €/kW [9]:

$$f_{2j} = \frac{\left(\sum_{k=1}^q (Op_{kj} + Mp_{kj}) + Cr_j \right) \cdot t}{Ep(\text{gorivo/ toplota/ struja})_j \cdot t}, \quad (2)$$

gdje je:

- $(Op_{kj} + Mp_{kj})$ - suma svih operativnih i troškova održavanja u svim elementima energetske lanca definisana po godini [€/h],
- Cr_j troškovi (biomase) [€/h],
- $Ep(\text{gorivo/ toplota/ struja})_j$ - produktivnost različitih energetske forme definisanih posmatranom lancu [kwh/god, MWh/h],
- j - broj energetske lanaca,
- t - vrijeme rada postrojenja [h] [9].
- Operativni i troškovi održavanja takođe, uključuju troškove ljudskog rada svedene na kWh proizvedene energije.

2.3. Specifična emisija ugljen-dioksida po snabdijevačkom lancu toplote

Emisija gasova staklene bašte određenih vrsta često se prati zbog svojih nepovoljnih ekoloških posljedica koje izazivaju: fotohemijski smog, kisele kiše, globalno zagrijavanje oštećenje ozonskog omotača itd. Detalji i standardne metode koje se koriste za mjerenje štetnog uticaja, GWPs (Global Warming Potentials) su definisane prema (IPCC 2003). Za mjerenje uticaja na životnu sredinu nekog energetske sistema, rezultati su izraženi kroz masu emisije ugljen-dioksida ekvivalentne po jedinici nekog izlaza (npr. kgCO₂/ kWh).Sljedeći izraz se može koristiti za procjenu emisije gasova staklene bašte od sagorijevanja za svaku vrstu goriva po definisanom energetske lancu [13]. Faktor specifične emisije ugljen-dioksida je onda:

$$f_{3j} = \frac{\left(\sum_{k=1}^q \frac{m_{kj} \cdot ec_{kj} \cdot e_{fkj}}{3.6} \right) \cdot t}{Ep(\text{gorivo/ toplota/ struja})_j \cdot t}, \quad (3) \quad 7)$$

gdje je:

- m_{kj} - količina potrošnje određenog tipa goriva u jednom elementu energetske lanca [kg/h],
- ec_{kj} - toplotna moć definisana za svako gorivo [MJ/kg],
- e_{fkj} - emisioni faktor za svaki gas (u ovoj tezi razmatran je CO₂) za različite tipove goriva [kg/kWh], [10].
- $Ep(\text{gorivo/ toplota/ struja})_j$ - produktivnost energetske lanca za različite energetske forme definisano po satu [kwh/h, MWh/h],
- j - broj energetske lanaca,
- t - vrijeme rada postrojenja (energetske lanca) [h] [9].
-

2.4. Specifični investicioni trošak po snabdijevačkom lancu toplote

Specifični investicioni trošak u energetskom lancu je odnos između ukupne investicije u lanac (sve njegove sastavne elemente) i ukupno instalisane snage u lancu od svih elemenata:

$$f_{4j} = \frac{\sum_{k=1}^q I_{kj}}{\sum_{k=1}^q P_{kj}}, \quad (4)$$

gdje su:

- $\sum_{k=1}^q I_{kj}$ - suma svih investicija u elemente energetskog lanca [€],
- $\sum_{k=1}^q P_{kj}$ - suma svih instalisanih snaga u energetskom lancu [kW, MW],
- q - broj elemenata energetskog lanca,
- k - brojač indeksiranja elemenata u energetskom lancu,
- j - broj energetskih lanaca.

2.5. Mašine i postrojenja za prikupljanje i preradu biomase u gorivo u snabdijevačkom lancu

Mašine za prikupljanje biomase, preradu su elementi u snabdijevačkom lancu od kojih počinje čitav proces snabdijevanja biomasom. Različite operacije u prikupljanju drvene biomase zahtijevaju različite mašine čiji izbor za korištenje u praksi zavisi od uslova primjene. U strukturi analiziranih energetskih lanaca koji se analiziraju u ovom radu koriste se sljedeće mašine: motorna pila, traktor, kamion, hidraulična dizalica, mobilni iverač, forvarder, postrojenja za sitnjenje, peletiranje, sušare, proizvodnju toplotne energije. Za sve proizvodne mašine čija se potrošnja goriva izražava u litrima po satu, (l/h), i radna proizvodnost u zapreminskoj jedinici po satu, (m³/h), važe sledeće relacije iz [11], a koje sam djelimično koristio u svom proračunu uz odgovarajuću modifikaciju. Radi ilustracije kako se dolazi do izračunavanja ukupnog utroška energije po proizvedenom 1 kWh toplotne moći goriva, proizvodnog troška mašine ili uređaja, specifične emisije i investicije date je sljedeće formulacije:

$$f_{1ij} = \frac{\sum_{q=1}^{n_1} \rho_{Fij} \cdot Fc_{ijq} \cdot t_{ijq} \cdot Hv_{ijq}}{\sum_{q=1}^{n_1} Hd \cdot Pr_{ijq} \cdot t_{ijq} \cdot (SVF)_{ijq}}, \quad (5)$$

$$f_{2ij} = \frac{\sum_{q=1}^{n_1} Fc_{ijq} \cdot t_{ijq} \cdot c_{ijq}}{\sum_{q=1}^{n_1} Hd \cdot Pr_{ijq} \cdot t_{ijq} \cdot (SVF)_{ijq}}, \quad (6)$$

$$f_{3ij} = \frac{\left(\rho_{Fij} \cdot Hv_{ijq} \cdot \frac{e_{Fij}}{10^6} \right) \cdot \sum_{q=1}^{n_1} Fc_{ijq} \cdot t_{ijq}}{\sum_{q=1}^{n_1} Hd \cdot Pr_{ijq} \cdot t_{ijq} \cdot (SVF)_{ijq}}, \quad (7)$$

$$f_{4ij} = \frac{\sum_{q=1}^{n_1} I_{Mijq}}{\sum_{q=1}^{n_1} P_{Mijq}}, \quad (8)$$

gdje su:

- $q=1 \dots n_1$ - broj mašina uključenih u rad,
- Fc_{ijq} - specifična potrošnja goriva posmatrane radne mašine [l/h],
- Pr_{ijq} - produktivnost radne mašine [m^3/h],
- t_{ijq} - vrijeme rada mašine [h],
- Hv_{ijq} - donja toplotna moć goriva (benzina ili dizel goriva zavisno od vrste goriva koje koristi mašina) [MJ/kg],
- Hd - donja toplotna moć drvne biomase [MJ/kg],
- $(SVF)_{ijq}$ - faktor zapreminske ispunjenosti [0,...1],
- c_{ijq} - cijena jednog litra goriva (benzina ili dizel goriva) u [€],
- ρ_{Fij} - gustina goriva pri atmosferskim uslovima [kg/m^3],
- e_{Fij} - koeficijent emisije ugljen-dioksida za različita goriva, [$kg CO_2/GJ$],
- I_{Mijq} - cijena jedne radne mašine [€],
- P_{Mijq} - maksimalna snaga radne mašine, [kW], pri čemu je $j=n$,

Mora se napomenuti da prethodni izrazi važe samo za radne mašine čija se produktivnost izražava u radnim časovima.

Uticaj od svih elemenata iz snabdijevačkih lanaca se sumira i uzima u obzir po pitanju prethodno pomenutih parametara (f_{1j} , f_{2j} , f_{3j} , f_{4j}), kao najinteresantnijih pokazatelja njihovog kvaliteta i primjene. Ovi parametri se izračunavaju za svaki element lanca snabdijevanja toplotnom energijom i na kraju se sabiraju za svaku kategoriju u ova 4 osnova.

3 TESTIRANJE MODELA PREMA DEFINISANOM SNABDIJEVAČKOM LANCU DRVNIM PELETOM

Testiranje razvijenog matematičkog modela za snabdijevački i potrošački lanac drvnim peletom odnosi se na izračunavnje parametara kao što su energetska efikasnost, proizvodni trošak dobijene toplotne energije i emisija ugljendioksida a sve to u odnosu na promjenu cijene goriva (benzina i nafte), promjenu cijene el energije, transportne

distance, kao i cijene biomase (drvnog ostatka). Model je napravljen u programskom paketu Matlab. U modelu se zadaju pojedinačno svaka od ovih prethodno nabrojanih promjena sa njihovim povećanjem do 50 % u odnosu na usvojene polazne parametre. Na taj način se dobijaju se različiti scenariji promjena energetske efikasnosti, proizvodnog troška i emisije ugljendioksida u integralno posmataranom modelu koji uzima u obzir i toplanu (energetsko postrojenje) ali i proizvodni lanac drvnog peleta. Na taj način način može se dobiti i odgovor koji od variranih parametara najviše utiče na promjenu cijene proizvedene toplotne energije i u kom procentu uzimajući u obzir i potrošački dio lanca (kotao sa distribucijom toplotne energije) kao i proizvodni dio lanca drvnog peleta. Na taj način dobija se integralna cjelina i vrlo upotrebljivi rezultati. Kao polazne vrijednosti za testiranje modela uzete su:

- Cijena nafte i benzina 1.11 [EUR/litru]
- Cijena el. en. 0.08 [EUR/kWh]
- Dužina transporta peleta 100 [km]
- Cijena drvnog ostatka 40 [EUR/m³]
- Polazna vlažnost drvnog ostatka 50 [%]
- Vlažnost drvnog peleta 12 [%]
- $\eta = \eta_c \cdot \eta_k \cdot \eta_r = 0.98 \cdot 0.90 \cdot 0.95 = 0.7938$, ukupni stepen efikasnosti isporuke toplotne energije
- $\eta_c = 0.98$ – stepen korisnosti cijevne mreže
- $\eta_k = 0.90$ – stepen korisnosti kotla
- $\eta_r = 0.90$ – stepen korisnosti regulacionog sistema
- Ostale vrijednosti uzete iz [12].

Kao krajnje vrijednosti za testiranje modela uzete su prethodne prve četiri uvećanje za 50 % od početnih i to:

- Cijena nafte i benzina 1.65 [EUR/litru]
- Cijena el. en. 0.12 [EUR/kWh]
- Dužina transporta peleta 150 [km]
- Cijena drvnog ostatka 60 [EUR/m³]

Iz sledeće tabele mogu se vidjeti vrijednosti promjene posmatranih faktora f_{1u} , f_{2u} , f_{3u} , i f_{4u} od vrijednosti promjene cijene goriva, cijene električne energije, cijene drvnog ostatka i promjene dužine transporta peleta. Jasno se vidi da na specifični proizvodni trošak f_{3u} najveći uticaj ima cijena drvnog ostatka. Povećanjem cijene drvnog ostatka za 50%, specifični proizvodni trošak raste za 14,22 %. Nakon toga, slijede uticaji cijene električne energije (9,55%) i cijene goriva (7,32%). Za opseg dužina transporta 100-150 km, promjena dužine transporta peleta ima najmanji uticaj na ukupni trošak proizvodnje toplote iz peleta od (1,5%).

Uticaji svih ovih navedenih promjena imaju jako mali ili nikakav uticaj na energetsku efikasnost i specifičnu emisiju CO₂. U ukupnom iznosu uticaj svih promjena: cijena goriva, cijene el energije, cijene drvnog ostatka i dužine transporta za 50% povećanja, povećava cijenu 1kWh dobijene toplote za 32,5%.

Tabela 1. Rezultati proračuna u Matlabu

	Početne vrijednosti	Promjena cijene goriva	Promjena cijene el. energije	Promjena dužine transporta peleta	Promjena cijene drvnog ostatka
Cijena nafte i benzina [EUR]	1.11	1.65	-	-	-
Cijena el. en. [EUR]	0.08	-	0.12	-	-
Dužina transporta peleta [km]	100	-	-	150	-
Cijena drvnog ostatka [EUR]	40	-	-	-	60
f_{1u}	0.478925	0.478925	0.478925	0.47697	0.478925
Smanjenje u %	-	ne utiče	ne utiče	0.408205878	ne utiče
f_{2u}	5771.5146	5771.5146	5771.5146	5771.5146	5771.5146
	-	ne utiče	ne utiče	ne utiče	ne utiče
f_{3u}	0.024922	0.026748	0.027304	0.025295	0.028468
Povećanje u %	-	7.326859803	9.5578204	1.496669609	14.22839258
f_{4u}	0.052785	0.052785	0.052785	0.053471	0.052785
Povećanje u %	-	ne utiče	ne utiče	1.299611632	ne utiče

4 ZAKLJUČAK

Biomasa ima veliku perspektivu korišćenja, posebno u oblasti proizvodnje toplotne energije na područjima koja obiluju sa drvnim ostatkom. U ovom radu napravljen je vrlo upotrebljiv scenario ponašanja matematičkog modela snabdijevanja drvnim peletom koji je uvezan zajedno sa potrebama korišćenja toplotne energije dobijene iz peleta. Snabdijevački lanac proizvodnje drvnog peleta sadrži više faktora od koji su svi matematički uzeti u obzir preko energetske efikasnosti, proizvodnog, investicionog troška i emisije ugljendioksida. U radu je posebno stavljen akcenat na proizvodni trošak i njegovu varijaciju u skladu sa promjenama cijena goriva, drvnog ostatka, transportne distance peleta. Naravno, postoji tu i ljudski rad, ali njegova promjena nije uzimata u obzir u ovoj analizi. Analiza je pokazala da najveći uticaj u procentualnom smislu na cijenu proizvedene toplote iz drvnog peleta ima cijena drvnog ostatka, nakon nje slijedi uticaj promjene cijene električne energije, goriva i tek na kraju transportne distance peleta. Model je izvršavan pojedinačno za određene početne vrijednosti od svih prethodno pobrojanih zavisnosti: cijene drvnog ostatka, el. energije, goriva i transportne distance, koje odgovaraju trenutnom stanju cijena u Bosni i Hercegovini. Zatim je vršena pojedinačna promjena za 50% vrijednosti svakog od prethodno navedenih i tako se došlo do zaključka koja od ovih veličina najviše utiče. Ovako dobijeni rezultati su pokazali da proizvodni trošak drvnog peleta po trenutnim početnim cijenama koje se odnose na BiH, ne bi trebao biti veći od 220 KM. Tako da za povećanje svih prethodnih parametara za 50%, zbirno uticaj na proizvodni trošak cijene tone peleta ne bi trebao prelaziti više od 300 KM. Ako se uzme u obzir da je posljednjih godinu dana cijena peleta u grejnoj sezoni izlazila i do 700 KM po toni onda se vidi da su to bila vrlo nerealna povećanja koja nisu tehničke već ekonomske prirode, ili izazvata zbog nestašice drvnog ostatka. Opšti je zaključak da prepuštanje tržišta

biomase samom sebi da se reguliše na bazi opšte potražnje i ponude je usmjerena protiv održivosti korišćenja ovog resursa.

LITERATURA

- [1] M. Mäkelä, J. Lintunen, H.-L. Kangas, and J. Uusivuori, (2011). Pellet promotion in the Finnish sawmilling industry: the costeffectiveness of different policy instruments, *Journal of Forest Economics*, vol. 17, no. 2, p.p. 185–196
- [2] A. I. Pettersson and A. Segerstedt, "Measuring supply chain cost," *International Journal of Production Economics*, vol. 143, no.2, pp. 357–363, 2012
- [3] W. Rickerson, T. Halfpenny, and S. Cohan, (2009), "The emergence of renewable heating and cooling policy in the United States," *Policy and Society*, vol. 27, no. 4, pp. 365–377.
- [4] M. Junginger, T. Bolkesjø, D. Bradley et al., (2008), "Developments in international bioenergy trade," *Biomass and Bioenergy*, vol. 32, no. 8, pp. 717–729.
- [5] C. N. Rail, 2012, Wood Pellets, <http://www.cn.ca/en/shippingalternative-energy-products-wood-pellets.htm>.
- [6] Hamamatsu, T., Saikawa, M., Hashimoto, K., (2004), "Energy Chain", A New Concept in Evaluating Future Energy Conservation and Greenhouse Abatement Alternatives and Effectiveness", *Proceedings 19th World Energy Congress*, Sydney.
- [7] B. Sharma, R.G. Ingalls, C.L. Jones, A.Khanchi, (2013), Biomass supplychaindesignandanalysis: Basis overview, modeling, challenges,andfuture, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24,608–627.
- [8] Honorio L, Bartaire J, Bauerschmidt R, Ohman T, Tihany Z, Zeinhofer H, Scowcroft J, Vasco de Janerio, Kruger H, Meier H, Offermann D, Lnagnickel U, (2003) Efficiency in electricity generation, Report drafted by Eurelectric „Preservation of resources“, working groups „Upstream“. Subgroup in collaboration with VGB.
- [9] Srđan Vasković, (2016), *Thesis title*: "Development of a model for evaluation of acceptability of the energy chains in production of energy and fuels from biomass.", University of East Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering.
- [10] Herold A, (2003) Comparison of CO₂ emission factors for fuels used in Greenhouse Gas Inventories and consequences for monitoring and reporting under the EC emissions trading scheme. ETC/ACC Technical Paper 2003/10.
- [11] Vasković, S., Halilović, V., Gvero, P., Medaković, V., Musić, J. (2015). Multi-Criteria Optimization Concept for the Selection of Optimal Solid Fuels Supply Chain from Wooden Biomass. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 36(1), 109-123. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/136140>
- [12] Zoran Radović, (2018), *magistarski rad*: Matematički model snabdijevanja i potrošnje drvnog peleta definisan prema potrebnoj količini toplote za zagrijavanje posmatranog objekta, Univerzitet I. Sarajevo, Mašinski fakultet.
- [13] NGA factors, (2014) Australian National Greenhouse Accounts. Australian Government. Department of Environment.