

Definiranje preciznije jedinične cijene ogrjevnog drva u svrhu poštivanja prava potrošača

Defining a More Precise Unit Price of Firewood in Purpose of Respecting Consumer Rights

Marijan Horvat

Tehnička škola Čakovec, Športska 5, 40000 Čakovec

e-mail: marijan.horvat@skole.hr

Sažetak: *Primjena ogrjevnog drva kao obnovljivog izvora toplinske energije za zagrijavanje obiteljskih stambenih objekata zadnjih godina bilježi rast. Mjere energetske učinkovitosti svojim poticajima obuhvaćaju i zamjenu postojećih generatora topline onima na biomasu, a vrlo često na ogrjevno drvo. Tržište ogrjevnim drvom još je prilično neuređeno te se svodi na prodaju ogrjevnog drva na „metre“, vrlo često bez računa, odnosno bez ikakvih tehničkih dokumenata kojima se garantira ogrjevna vrijednost proizvoda, a kamoli porijeklo istog. Prilikom trgovine ogrjevnim drvima vlažnost drva se najčešće ne mjeri. Jedinična cijena energije ogrjevnog drva kn/kWh nije uključena u prodaju ogrjevnog drva te je također nepoznata. Sve ovo dodatno dovodi do manipulacija na tržištu, ali i do upitnosti vremena povrata novčanih sredstava uloženi u primjenu ogrjevnog drva. Ovim radom želi se pobliže objasniti utjecaj pojedinih faktora na ogrjevnu vrijednost drva, a samim time i na njegovu jediničnu cijenu energije izraženu u kn/kWh., koja predstavlja jedan od važnih parametara kod ekonomskih analiza primjene pojedinog energenta. Također se želi naglasiti važnost utvrđivanja točne mase ogrjevnog drva, koja se jednostavno može odrediti vaganjem, kao i njegove vlažnosti kao relevantnih parametara koji utječu na jediničnu cijenu energije ogrjevnog drva.*

Ključne riječi: *ogrjevno drvo, ogrjevna vrijednost drva, jedinična cijena energije ogrjevnog drva*

Abstract: *The use of firewood as a renewable source of energy, which is used to heat up the family residential buildings, increased in a last few years. Energy efficiency measures with their incentives involve the replacment of existing heat generators with those which use biomass and very often with those that use firewood. Firewood market is still disorganized which considered selling the firewood „on meters“. The firewood is quite often sold without receipt or any technical document which would guarantee the calorific value or the origin of the product. Furthermore, the humidity of firewood is not measured. The unit price of the firewood energy kn/kWh is not involved in firewood selling and the price is unknown. Eventually, all this facts lead to manipulation on the market and the time of return of funds invested in the implementation of firewood is also questionable. Aims of this study are to explain in more details the impact of a certain factor on the calorific value of firewood and consequently, on the unit price od firewood energy (kn/kWh), which presents one of the most important parameters that are used in economical analysis. The aim is also to higlight the importance of determining the exact weight of the firewood, which can be easily determined with weighing, and to measure the humidity of firewood.*

Keywords: *Firewood, calorific value of the firewood, the unit price of firewood energy*

1. Uvod

Biomasa kao obnovljiv izvor energije obuhvaća šumsku i poljoprivrednu biomasu, biomasu nastalu iz raznih proizvodnih procesa (piljevina) odnosno otpad (komunalni, mulj nastao u procesu pročišćavanja otpadnih voda). Energija biomase najčešće se koristi za dobivanje toplinske i električne energije. Tablica 1. pokazuje dominaciju biomase u proizvodnji toplinske energije iz obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj 2014. godine.

Tablica 1. Proizvodnja električne i toplinske energije iz OIE u Hrvatskoj 2014. godine

Vrsta izvora	Proizvodnja električne energije		Vrsta izvora	Proizvodnja toplinske energije
Sunce	35,2 GWh		Sunce	384,7 TJ
Vjetar	730 GWh		Biomasa	45 682 TJ (12 689,44 GWh)
Biomasa	164,7 GWh		Geotermalna	1061,21 TJ
Male hidroelektrane	131,6 GWh		-	-
Geotermalna	0		-	-
Ukupno	1061,5 GWh		Ukupno	47127,91 TJ (13 091,09 GWh)

Izvor: *Energija u Hrvatskoj godišnji energetske pregled, 2014.*

Tablica 2 Proizvodnja krutih biogoriva u Hrvatskoj 2014. godine

Vrste krutog goriva	Proizvodnja
Drveni peleti	192 275 t
Drveni briketi	43 266 t
Drveni ugljen	7 492 t
Drvena sječka	354 356 t
Ogrjevno drvo	5 302 200 m³

Izvor: Energija u Hrvatskoj godišnji energetske pregled, 2014.

Tablica 2 prikazuje proizvodnju krutih biogoriva u Republici Hrvatskoj 2014. godine te je vidljiv dominantan udio ogrjevnog drva u ukupnoj proizvodnji.

2. Metode izračuna

2.1. Donja ogrjevna vrijednost ogrjevnog drveta određuje se ispitivanjima ili približnim izrazima. Približni izraz za donju ogrjevnju vrijednost vlažnog drveta je [1]:

$$H_{u(w)} = \frac{H_{u(wf)} * (100 - w) - 2,443 * w}{360} \quad (1)$$

pri čemu je:

$H_{u(w)}$ - donja ogrjevna vrijednost vlažnog drveta, kWh/kg

w - vlažnost drveta, %

$H_{u(wf)}$ - donja ogrjevna vrijednost apsolutno suhog drveta, MJ/kg, tablica 3.

Izraz (1) je teoretskog karaktera, iako je donja ogrjevna vrijednost apsolutno suhog drveta dobivena eksperimentom, naime drvo je organskog porijekla te ima čitav niz faktora (godište, debljina kore, područje na kojem raste...) koji utječu na parametre izraza (1). Donja ogrjevna vrijednost često ima oznaku NOV_x , gdje se u indeks (x) upisuje vlažnost drveta. Tako npr. NOV_{25} označava donju ogrjevnju vrijednost drveta s 25% vlažnosti.

Tablica 3. Donja ogrjevna vrijednost apsolutno suhog drveta, $H_u(wf)$ (MJ/kg)

Naziv	Donja ogrjevna vrijednost, MJ/kg	Naziv	Donja ogrjevna vrijednost, MJ/kg
Smreka (s korom)	18,8	Vrba	18,4
Bukva / Hrast (s korom)	18,4	Kora (Crnogorično drveće)	19,2
Jablan	18,5	Drvo vinove loze	19,8

Izvor: Priručnik o gorivima iz drvne biomase, proizvodnja | zahtjevi kvalitete | trgovina, Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske

Udio vlage u drvetu w , izražava masu prisutne vode u odnosu na masu vlažnog drveta i dat je izrazom [2]:

$$w = \frac{m_w - m_o}{m_w} * 100 \quad (2)$$

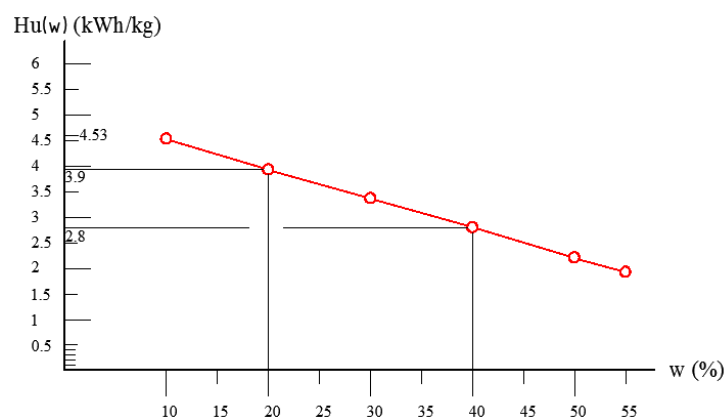
pri čemu je:

w - udio vlage u drvetu, %

m_w -masa vlažnog drveta, kg

m_o -masa apsolutno suhog drveta, kg

Dijagram 1. Donja ogrjevna vrijednost drveta Hrast , $H_{u(wf)}=18,4$ MJ/kg ,u ovisnosti od udjela vlage u drvetu, izraz (1)



U procesu izgaranja, vlaga u drvetu isparava korištenjem topline oksidacije gorivih elemenata u drvu. Dijagram 1 prikazuje izraza (1) za vrstu drveta - hrast. Za udio vlage 40%

donja ogrjevna vrijednost drveta iznosi 2,796 kWh/kg, dok za udio vlage 20% ona iznosi 3,953 kWh/kg. Zaključujemo da donja ogrjevna vrijednost prilično ovisi o udjelu vlage. Udio vlage u drvetu moguće je izmjeriti uređajima za mjerenje vlažnosti drveta. Slika 1 prikazuje nekoliko tipova takvih uređaja čija tržišna cijena započinje već od 400 kn. Ogrjevno drvo koje se koristi u domaćinstvu ne bi trebalo imati više od 25% udjela vlage.



Slika 1. Uređaji za mjerenje vlažnosti drva

Izvor: <https://www.conrad.hr/VOLTCRAFT-ure%F0aj-za-mjerenje-vla%BEnosti-drva-i-gra%F0evinskog-materijala-FM-200.htm?websale8=conrad-hr&pi=100842>

2.2. Masena gustoća, volumen i masa ogrijevnog drva

Masena gustoća - predstavlja omjer mase i volumena drva koji čini „set tvari i šupljina (vaskularne šupljine) koje su različito ispunjene zrakom i/ili vodom” [2, str. 8].

Masena gustoća ogrijevnog drva dana je izrazom:

$$\rho_g = \frac{\rho_{g0} * 100}{100 - w} \quad (3)$$

pri čemu je:

ρ_g - gustoća vlažnog drva, kg/m³

ρ_{g0} -gustoća apsolutno suhog drveta, kg/m³

Tablica 4. Srednja masena gustoća apsolutno suhog drva, ρ_{g0} (kg/m³), (ÖNORM* B 3012)

Listae		Četinjače	
Naziv	Gustoća, kg/m ³	naziv	gustoća, kg/m ³
Obični grab	750	Crni bor	560
Bukva	680	Ariš	550
Hrast	670	Škotski bor	510
Jasen	670	Duglazija	470

Rezultat dobivene izrazom 3 potrebno je dodatno korigirati zbog promjene volumena drva uslijed promjene vlažnosti drva. Naime, sušenjem dolazi do promjene volumena suhe tvari zbog promjene efekata uzrokovanim bubrenjem drva. Za vrijednosti udjela vlage drveta od 0-23% može se koristiti izraz za volumetrijski korekcijski faktor [2]:

$$F_{CV} = 1 + \left(\frac{B}{\frac{100}{30}} \right) * \left(\frac{100 * w}{100 - w} \right) \quad (4)$$

pri čemu je :

B- faktor bubrenja(ovisan o vrsti drveta)

F_{CV} – volumetrijski korekcijski faktor

Za vrijednosti udjela vlažnosti iznad 23% može se koristiti volumetrijski korekcijski faktor u vrijednostima: 1.218 za bukvu, 1.139 za hrast, 1.135 za smreku [1]: .

Korigirana masena gustoća drveta:

$$\rho_{gK} = \rho_g / F_{CV} \quad (5)$$

pri čemu je:

ρ_{gK} - korigirana masena gustoća drveta, kg/m^3 .

Izraz (5) pokazuje da je korigirana masena gustoća drveta bitno različita zbog utjecaja vlažnosti na bubrenje drveta od masene gustoće drveta. Tablica 5. sadrži podatke o korigiranim masenim gustoćama drveta.

Tablica 5. Korigirana masena gustoća i nasipna gustoća drva

w udio vlage u drvetu, %	Bukva			Hrast		
	Puni kubni metar	Rezna na 33 cm i složena. Prostorni metar	Drvna sječka Nasipni metar.	Puni kubni metar	Rezna na 33 cm i složena. Prostorni metar	Drvna sječka Nasipni metar.

0	680	422	280	660	410	272
10	704	437	290	687	427	283
15	716	445	295	702	436	289
20	730	453	300	724	450	298
30	798	495	328	828	514	341
40	930	578	383	966	600	397
50	1117	694	459	1159	720	477

Izvor: *Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen (2013.)*

Volumen punog drveta u trupcima, čiji je oblik bitno različit od valjka, različit je od volumena drveta koji se prodaje na tržištu. Tablica 7 prikazuje konverziju volumena punog trupca u ostale volumene koji se nalaze na tržištu. Vidljivo je da od 1m³ trupaca nastaje 1,4 prostornih metara cjepanica duljine 1m. Tablica 6 prikazuje konverzije drveta s korom, međutim još uvijek je tu prisutan i faktor preslagivanja kojem su skloni trgovci drvima. Iz svega je jasno da je veoma teško odrediti stvarni volumen drveta, dakle volumen bez šupljina preslagivanja.

Tablica 6. Stope konverzije trupci/cjepanice, sa korom

Vrsta	Trupci m ³	Okruglo dugo drvo prostorni m ³	Cjepanice od 1 metra prostorni m ³	Izrezane cjepanice, 33 cm prostorni m ³	Izrezane cjepanice, 33 cm nasipni m ³
Bukva	1,00	1,70	1,98	1,61	2,38

Izvor: *Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen (2013.)*

Tablica 7. Stope konverzije trupci/cjepanice/drvna sječka, ÖNORM M7132 i M7133

Vrste	Trupci	Cjepanice od 1m	Izrezane cjepanice		Drvena sječka	
	m ³	prostorni m ³	prostorni m ³	nasipni m ³	nasipni m ³	
			složeni	nasipni	fino (G30)	srednje (G50)
1 m ³ trupaca	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 prostorni m ³ cjepanica od 1m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 prostorni m ³ izrezanih cjepanica	0,85	1,2	1	1,7		
1 nasipni m ³ izrezanih cjepanica	0,5	0,7	0,6	1		
1 nasipni m ³ fine drvene sječke	0,4	(0,55)			1	1,2

1 nasipni m ³ srednje drvene sječke	0,33	(0,5)			0,8	1
--	------	-------	--	--	-----	---

Masa drveta dana je izrazom:

$$m = \rho_{gK} * V \quad (6)$$

pri čemu je:

m- masa vlažnog drveta, kg

V- volumen vlažnog drveta, m³

Masu drveta moguće je odrediti jednostavnim vaganjem.

3. Rasprava

3.1. Jedinična cijena ogrjevnog drva

Cijena električne energije, zemnog plina i toplinske energije u Republici Hrvatskoj regulirana je zakonskim aktima, pravilnicima i propisima koji su usklađeni s europskim direktivama a najčešće je izražena jediničnom cijenom energije kn/kWh. Na taj način je olakšana usporedba ekonomske isplativosti korištenja pojedine vrste energije. Računski postupak određivanja jedinične cijene ogrjevnog drva može ići u pravcu izračunavanja količine energije po kilogramu drveta kWh/kg, odnosno određivanju jedinične cijene energije drveta kn/kWh. Danas se ogrjevno drvo uglavnom prodaje po dužnom metru u jedinici kn/prostornom metru cjepanica 1m. Izrazi (6) i (7) predstavljaju mogući način za izračun jedinične cijene ogrjevnog drva.

$$JC = \frac{1}{H_{u(w)}} * \left(\frac{1}{\rho_{gK}}\right) * JC_V \quad (7)$$

$$JC_{kg} = \left(\frac{1}{\rho_{gK}}\right) * JC_V \quad (8)$$

kombinirajući izraz (1) te JC_{kg} dobivamo izraz:

$$JC = \frac{360 * JC_{kg}}{H_{u(wf)} * (100 - w) - 2,443 * w} \quad (9)$$

pri čemu je:

JC - jedinična cijena energije, kn/kWh

JC_{kg} - jedinična cijena drveta po kilogramu, kn/kg

$H_{u(w)}$ - donja ogrjevna vrijednost krutog goriva, vlažnog drveta, kWh/kg

$H_{u(wf)}$ - donja ogrjevna vrijednost apsolutno suhog drveta, MJ/kg, Tablica 3.

JC_V - jedinična cijena ogrijevnog drveta po volumenu, kn/m^3 (koristiti konverziju iz Tablice 6 i 7)



w- udio vlage u drvetu, %

ρ_{gK} – korigirana masena gustoća drveta, kg/m^3 , Tablica 5.

Na točnost izraza (7) i (8) utječu pretvorbeni faktori volumena i način slaganja drva te oni mogu poslužiti za dobivanje informativnog podatka o jediničnoj cijeni energije JC, kn/kWh. Ukoliko bi se znala vrsta drveta, a drvo vagalo te mjerila njegova vlažnost, jedinična cijena drveta kn/kWh uz poznavanje jedinične cijene drveta po kilogramu kn/kg mogla bi se izračunati prema izrazu (9).

3.2. Tržište ogrijevnog drva

Tržište ogrijevnim drvom u Republici Hrvatskoj zasniva se na prodaju drva na paletama ili u prostornim metrima. U oba slučaja cijena je izražena u kn/volumen. Volumeni koji se prodaju izrazito variraju, te su podložni cijelom nizu manipulacija. Slika 3. prikazuje jedan od načina trgovine ogrijevnim drvima u Republici Hrvatskoj. Vrlo često prodavatelj ne izdaje potvrdu o porijeklu drva. Vlažnost drva se ne mjeri, već se barata ne mjerljivim procjenama tipa „svježe“ ili „suho“ drvo. Slika 2. prikazuje račun za drva izdan u Republici Austriji gdje se jasno vidi da se drva prodaju po kg s jasno naznačenom vlažnošću. Također postoji i podatak o cijeni po kWh. Ovakav način trgovine drvom točno definiranom kvalitetom pod markom „Biomassehof“ omogućava potrošaču uvid u točnu kvalitetu ogrijevnog drva. Slika 3. prikazuje cijenu ogrijevnog drva kvalitete „Biomassehof“, gdje se jasno navodi vlažnost i cijena po kg.

 	
Biomassehof Hartbergerland, Gewerbeplatz Greinbach 273, 8230 Hartberg	
Gosp. broj: 11111111 Zagrebačka cesta bb Zagreb	
Hartberg, 22.09.2010	
Račun br.:	4550.2010
Za dostavu:	3,18
prostornih metara bukovine u cjepanicama dužine 33 cm	
Osnovica za izračun:	
kg ogrjevnog drva od bukve, 33 cm	1.270,00
Udio vode %	15,00
Cijena po kWh	0,04
Cijena po kg	0,17
Ukupna neto cijena	210,74
PDV 23%	50,54
Ukupna bruto cijena	270,28



Slika 2. Primjer računa za ogrjevno drvo
Austrija

Slika 3. Prevladavajući način prodaje
ogrjevnog drva u Hrvatskoj

			
Preisliste März 2017. Preise inkl. MwSt.			
Biomassehof Allgäu eG • Riederau 1 • 87437 Kempten Kontakt: Telefon: 0831/540 273-0 • Fax: 0831/540 273-120 E-Mail: info@biomassehof.de • www.biomassehof.de			
Öffnungszeiten Hofverkauf: Sommer (April bis September): Do. und Fr. 8 - 12 Uhr 13 - 17 Uhr Winter (Oktober bis März): Di. bis Fr. 8 - 12 Uhr 13 - 18 Uhr Sa. 9 - 13 Uhr Telefonisch sind wir auch an allen anderen Wochentagen unter den üblichen Geschäftszeiten zu erreichen.			
Art-Nr.	Bezeichnung	Preis / Einheit	
Scheitholz ofentrocken (Restfeuchte max. 20%)			
302-02	Scheitholz Buche 50 cm lose	0,256 € / kg	Lieferung auf Anfrage 110,08 € / Ster 78,08 € / srm
302-03	Scheitholz Buche 33 cm lose	0,266 € / kg	Lieferung auf Anfrage 114,38 € / Ster 81,13 € / srm
302-04	Scheitholz Buche 25 cm lose	0,273 € / kg	Lieferung auf Anfrage 117,39 € / Ster 83,26 € / srm

Slika 3. Cijene ogrjevnog drva – Njemačka

Izvor: <http://www.biomassehof.de/wp-content/uploads/2017/03/2017-01-30-Preisliste-Handelsware-03-2017.pdf>

Korištenjem izraza (9) za cijenu ogrjevnog drva Bukva od 0,256€/kg i vlažnost 20% (Slika 3.) jedinična cijena energije iznosi 0,0648 €/kWh što je približno 0,482 kn/kWh. Tablica 8. prikazuje jediničnu cijenu energije ogrjevnog drva Bukva čija cijena na tržištu zajedno s piljenjem iznosi 340 kn/prostornom metru –metrica – vlažnost nepoznata.

Tablica 8. Jedinične cijene energije ogrjevnog drva – Bukva kn/kWh

Konverzijski faktor trupci/metrice	Vlažnost drveta w (%)							
	15		20		30		40	
kn/kWh	Bez PDV	Sa PDV	Bez PDV	Sa PDV	Bez PDV	Sa PDV	Bez PDV	Sa PDV
1,4	0,157	0,196	0,165	0,206	0,177	0,221	0,183	0,229
1,98	0,222	0,277	0,233	0,292	0,25	0,313	0,259	0,324

Napomena: za izračun podataka korišteni su izrazi (8) i (9) te podatci iz tablice 5.

Ulazna cijena drveta 340 kn/prostornom metru – metrica (nema računa – bez PDV., vlažnost nepoznata).

4. Zaključak

Ogrjevno drvo kao obnovljiv izvor energije u pretvorbi u toplinsku energiju pridonosi energetske neovisnosti, ali ima i ekološke benefite za Republiku Hrvatsku. Svjedoci smo pretežite neuređenosti tržišta ovim energentom pri čemu najviše gube građani zato što nemaju ispravne podatke o energentu kojeg kupuju. Sve ovo dovodi do brojnih manipulacija i krivih zaključaka o primjeni ogrjevnog drva. Nadalje, neuređenost tržišta u smislu neizdavanja dovoljno preciznih računa ili izostajanja neizdavanja računa krši se s pravima potrošača i otvara nove probleme. Određivanje točnih ogrjevnih vrijednosti u trenutku prodaje, mase i jediničnih cijena energije ogrjevnog drveta te kontrola tržišta predstavlja ispravan put prema pravilnom i racionalnom korištenju ogrjevnog drva te očuvanju okoliša Republike Hrvatske. Možda nije pretenciozno naglasiti da se ovdje radi o potrajnom gospodarenju šumskim resursima koji su jedan od dobara od velikoga interesa za Republiku Hrvatsku te imaju njezinu državnu zaštitu.

Literatura

- [1] Hartmann, H.; Reisinger, K.; Turowski, P.; Roßmann, P. (2013). Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 18276 Gülzow-Prüzen.
- [2] Francescato, V.; Antonini, E.; Zuccoli Bergomi, L. (2008). Priručnik o gorivima iz drvene biomase, proizvodnja | zahtjevi kvalitete | trgovina. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske.
- [3] <http://mr-hartbergerland.at/bioenergie-forst/biomassehof.html>
- [4] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/c/c2/Half-yearly_gas_prices_%28EUR%29.png
- [5] Energetika-net website. <http://energetika-net.hr/skola/oie/energija-biomase>.
- [6] Energija u Hrvatskoj godišnji energetske pregled (2014)
http://www.mingo.hr/public/energetika/EuHR_2014_finalna.pdf
- [7] Recknagel; Sprenger; Schramek (2001). Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München : Wien, R. Oldenburg Verlag GmbH.