Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (Fagus sylvatica L.) uslijed prirodnog sušenja

Kupinić, Ivica

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:811939

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

IVICA KUPINIĆ

Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

IVICA KUPINIĆ

Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: **Drvnotehnološki procesi**
Zavod: **Zavod za tehnologije materijala**
Predmet: **Pilanska tehnologija drva 2**
Ispitno povjerenstvo:
1. **Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, mentor**
2. **Doc. dr. sc. Alan Antonović, član**
3. **Dr. sc. Miljenko Klarić, član**

Student: **Ivica Kupinić**
JMBAG: **0068208815**
Broj indeksa: **585/2014**

Datum odobrenja teme: **22. 3. 2016.**
Datum predaje rada: **15. 9. 2016.**
Datum obrane rada: **23. 9. 2016.**

Zagreb, rujan, 2016.

Administrativni protokol

Naslov diplomskog rada	Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja
Kratki biografski podaci o autoru	Ivica Kupinić, rođen 19. lipnja 1989. godine u Zagrebu. Maturirao šk. god. 2008/09. u Drvodjeljskoj školi u Zagrebu. Upisao Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2009/10. Obranio Završni rad 23. 9. 2014. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2014/15. te ga apsolvirao šk. god. 2015/16.
Adresa e - mail	Donja Podgora 108, 49240 Donja Stubica 007.kUpiNic.007@gmail.com
Izvođenje eksperimenta i obrada podataka	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
Mentor	Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
Neposredni voditelj	Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
Rad sadrži	I – VIII + 69 stranica + 18 tablica + 43 slika + 30 navoda literature
Administrativni postupak	Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja" 22. 3. 2016. imenovanje povjerenstva za obranu teme završnog rada u sastavu: Doc. dr. sc. Josip Ištvanić, mentor Doc. dr. sc. Alan Antonović, član Dr. sc. Miljenko Klarić, član
Mjesto i datum obrane	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala, Svetošimuska cesta 25, 10 000 Zagreb 23. 9. 2016.

Ključna dokumentacijska kartica

TI (naslov)	Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja
AU (autor)	Ivica Kupinić
AD (adresa)	Donja Podgora 108, 49240 Donja Stubica
SO (izvor)	Šumarska knjižnica – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
PY (godina objave)	2016
LA (izvorni jezik)	Hrvatski
LS (jezik sažetka)	Hrvatski
DE (ključne riječi)	Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.), ogrjevno drvo, masa, volumen, vlaga, gustoća drva
GE (zemlja objave)	Hrvatska
PT (vrsta objave)	Diplomski rad
VO (volumen)	I – VIII + 69 stranica + 18 tablica + 43 slika + 30 navoda literature
AB (sažetak)	U radu su eksperimentalno i teorijski istraženi utjecaji parametara vlage, mase, volumena i gustoće oblog ogrjevnog drva. Istraživanje je provedeno na uzorku od 17 komada oblica. Oblice su izrađene u jednom specijaliziranom proizvodnom pogonu uz korištenje motorne lančane pile. Svaka oblica je za potrebe istraživanja izmjerena i obilježena pločicom, te je na njima provedeno mjerenje mase, dimenzija i vlage u sirovom i prosušenom stanju. Prirodno sušenje izvedeno je na dobro provjetrenom dijelu stovarišta oblog ogrjevnog drva. Sušenje oblica trajalo je u vremenskom periodu od 20. 3. 2015. do 12. 10. 2015., odnosno ukupno 207 dana. Prosječan sadržaj vode u oblicama prije sušenja iznosio je 66,02 %. U prosušenom stanju, prosječan sadržaj vode u oblicama iznosio je 32,72 %. Prosječna vrijednost mase oblica u sirovom stanju iznosila je 26,3765 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 19,2176 kg. Gledano obzirom na sirovo stanje, gubitak u masi prosječno je iznosio 27,04 %. U sirovom stanju, prosječna vrijednost volumena oblica čiji je volumen određen volumetrijskom metodom iznosila je 0,02601 m^3, a u prosušenom stanju 0,02346 m^3. Kod određivanja volumena Huberovim izrazom prosječna vrijednost u sirovom stanju iznosila je 0,02471 m^3, a u prosušenom stanju 0,02316 m^3. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje volumena određenog volumetrijskom metodom prosječno je iznosilo 9,54 %, dok je smanjenje volumena određenog Huberovim izrazom prosječno iznosilo 6,59 %. Prosječna vrijednost gustoće oblica u sirovom stanju čiji je volumen određen volumetrijskom metodom iznosila je 1022,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 823,70 kg/m^3. Kod gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom prosječna vrijednost u sirovom stanju iznosila je 1081,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 844,92 kg/m^3. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje gustoće čiji je volumen određen volumetrijskom metodom prosječno je iznosilo 19,24 %, dok je smanjenje gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom prosječno iznosilo 21,85 %.

Key words documentation

TI (Title)	Contribution to study of changes in round-firewood density of European beech (*Fagus sylvatica* L.) due to air drying
OT (Orginal Title)	Prilog istraživanju promjene gustoće oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uslijed prirodnog sušenja
AU (Author)	Ivica Kupinić
AD (Adress of Author)	Donja Podgora 108, 49240 Donja Stubica
SO (Source)	Library of Forestry Faculty of Zagreb University, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia
PY (Publication Year)	2016
LA (Language of Text)	Croatian
LS (Language of Summary)	English
DE (Descriptors)	European beech (*Fagus sylvatica* L.), firewood, mass, volume, moisture, wood density
GE (Geo. Headings)	Croatia
PT (Publication Type)	Graduate thesis
VO (Volume)	I - VIII + 69 pages + 18 tables + 43 figures + 30 references
AB (Abstract)	In this research are experimental and theoretical explored parameters of moisture, mass, volume and density of round firewood. Whole study was spent on 17 samples of round firewood. Round firewood was made with the chainsaws in specialized factory. Each firewood piece was measured and marked with a purpose of measuring mass, dimensions and moisutre in raw and dryish condition. Air drying was held on windy company area and it took 207 days, from 20. 3. 2015. to 12. 10. 2015. Average value of firewood moisture before drying was 66,02 %. In dryish condition, average value of firewood moisture was 32,72 %. Average value of firewood mass in raw condition was 26,3765 kg, while in dryish condition average value was reduced to 19,2176 kg. Considering raw condition, loss on mass was average 27,04 %. In raw condition, the average value of the firewood volume whose volume is determined by the volumetric method was 0.02601 m^3, and in dryish condition was 0.02346 m^3. In determining the volume with the Huber`s equation the average value in the raw condition was 0.02471 $m^3$, and in dryish condition was 0,02316 $m^3$. Considering raw condition, loss on volume which is determined by the volumetric method was average 9,54 %, while loss on volume who is determined with the Huber`s equation was average 6,59 %. Average value of firewood density in raw condition whose volume is determined by the volumetric method was 1022,16 kg/m^3, and in dryish condition was 823,70 kg/m^3. Density whose volume is determined with the Huber`s equation the average value in the raw condition was 1081,16 kg/m^3, and in dryish condition was 844,92 kg/m^3. Considering raw condition, loss on density whose volume is determined by the volumetric method was average 19,24 %, while loss on density whose volume is determined with the Huber˙s equation was average 21,85 %.

Popis slika

Slika 1. *Grafički prikaz drvne biomase kao obnovljivog izvora energije* ... 11
Slika 2. *Izgled prvog oblika standarda ili norme* ... 15
Slika 3. *Prostorno drvo u obliku cjepanice* ... 19
Slika 4. *Tehnička oblica* ... 20
Slika 5. *Tehnička cjepanica* ... 21
Slika 6. *Drvena vlakna od kojih se proizvodi drvna vuna* ... 22
Slika 7. *Prostorno drvo u obliku višemetrice za proizvodnju drvnih ploča* ... 23
Slika 8. *Prostorno drvo u obliku tehničke cjepanice za proizvodnju celuloze* ... 24
Slika 9. *Cijepano ogrjevno drvo složeno u paletu* ... 26
Slika 10. *Grafički prikaz normativnog sustava za čvrsta biogoriva (HRN EN)* ... 30
Slika 11. *Sjekira* ... 35
Slika 12. *Ručni cjepač s kliznim kladivom* ... 35
Slika 13. *Bat za cijepanje* ... 36
Slika 14. *Motorna pila* ... 37
Slika 15. *Ručni hidraulični cjepač* ... 37
Slika 16. *Cjepač na trn (svrdlo)* ... 38
Slika 17. *Hidraulični cjepač (pogon preko traktora)* ... 39
Slika 18. *Stovarište višemetrice i njezino prikračivanje motornom lančanom pilom na metricu* ... 40
Slika 19. *Cijepanje metrice horizontalnim hidrauličnim cjepačem* ... 41
Slika 20. *Međufazno skladištenje cjepanica* ... 41
Slika 21. *Prekrajanje metrice tračnom pilom na zadanu duljinu i slaganje u paletu (lijevo), složena paleta kratkih cjepanica (desno)* ... 42
Slika 22. *Utovar paleta i otprema krajnjim kupcima* ... 42
Slika 23. *Doprema sirovine (drvne mase) za izradu ogrjevnog drva* ... 43
Slika 24. *Multifunkcionalni stroj za piljenje i cijepanje ogrjevnog drva* ... 44
Slika 25. *Sušenje i skladištenje zapakiranog ogrjevnog drva* ... 45
Slika 26. *Rasprostranjenost obične bukve u Europi* ... 48
Slika 27. *Bukova šuma* ... 49
Slika 28. *Stablo obične bukve (lijevo), lišće i plod obične bukve (desno)* ... 50
Slika 29. *Drvo obične bukve* ... 51
Slika 30. *Stovarište prostornog drva u obliku oble višemetrice* ... 53
Slika 31. *Prikračivanje oble višemetrice motornom lančanom pilom* ... 53
Slika 32. *Složena paleta s uzorcima oblice metrice u postupku mjerenja* ... 54
Slika 33. *Složaj palete oblice metrice za mjerenje u vlažnom stanju (lijevo) i prosušenom stanju desno* ... 55
Slika 34. *Mjerenje mase oblica na digitalnoj osobnoj vazi* ... 56
Slika 35. *Mjerenje duljine i promjera oblice* ... 57
Slika 36. *Mjerenje volumena oblica volumetrijskom metodom uranjanjem u kadu* ... 58
Slika 37. *Grafički prikaz promjene mase ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja* ... 62
Slika 38. *Grafički prikaz pada mase složaja oblice metrice uslijed prirodnog sušenja* ... 63
Slika 39. *Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Volumetrijska metoda)* ... 64
Slika 40. *Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Huberov izraz)* ... 65
Slika 41. *Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja* ... 66
Slika 42. *Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Volumetrijska metoda)* ... 67
Slika 43. *Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Huberov izraz)* ... 68

Popis tablica

Tablica 1. *Drvna zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj..* *13*
Tablica 2. *Razvrstavanje stabla prema načinu uporabe (Zečić i Vusić, 2013)* *17*
Tablica 3. *Razvrstavanje trupca i oble građe prema srednjem promjeru (Zečić i Vusić, 2013)* *18*
Tablica 4. *Tablica pretvorbenih koeficijenata za prostorno drvo složaja (Zečić i Vusić, 2013)* *19*
Tablica 5. *Podjela tehničke oblice prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)* *20*
Tablica 6. *Podjela tehničke cjepanice prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)* *21*
Tablica 7. *Dimenzije prostornog drva za izradu drvnih ploča (Zečić i Vusić, 2013)*..... *23*
Tablica 8. *Dimenzije prostornog drva za izradu celuloze (Zečić i Vusić, 2013).*..... *24*
Tablica 9. *Podjela ogrjevnog drva prema tvrdoći (Zečić i Vusić, 2013)* *25*
Tablica 10. *Razni oblici ogrjevnog drva i njihove karakteristike (Zečić i Vusić, 2013)* *25*
Tablica 11. *Podjela ogrjevnog drva višemetrice (VMO) prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)*..... *26*
Tablica 12. *Vrijednosti fizikalnih i mehaničkih svojstava drva obične bukve* *52*
Tablica 13. *Deskriptivna statistika podataka o masi oblice metrice*..... *62*
Tablica 14. *Deskriptivna statistika podataka o volumenu oblice metrice (Volumetrijska metoda).* *64*
Tablica 15. *Deskriptivna statistika podataka o volumenu oblice metrice (Huberov izraz).* *65*
Tablica 16. *Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage oblice metrice*..... *66*
Tablica 17. *Deskriptivna statistika podataka o gustoći oblice metrice (Volumetrijska metoda)* *67*
Tablica 18. *Deskriptivna statistika podataka o gustoći oblice metrice (Huberov izraz)*..... *68*

Korišteni znakovi

npr.	- na primjer
itd.	- i tako dalje
ha	- hektar
kW	- kilovat
m^3	- metar kubni
%	- postotak
JUS	- Jugoslavenski standard
HRN	- Hrvatska norma
EN	- Europska norma
EU	- Europska unija
cm	- centimetar
m	- metar
kg	- kilogram
mm	- milimetar
±	- plus minus
kg/m^3	- kilogram po metru kubnom
HZN	- Hrvatski zavod za norme
VMO	- višemetarsko ogrjevno drvo
°C	- Celzijev stupanj
dr.	- drugo
°	- stupanj
tj.	- to jest
x	- računalna oznaka množenja (puta)

Predgovor

Ovom prilikom želio bih se zahvaliti doc. dr. sc. Josipu Ištvaniću koji mi je omogućio izradu ovog diplomskog rada i koji mi je uvelike pomogao s korisnim savjetima i potrebnim materijalima. Zahvalio bih se vlasniku tvrtke Sebastijan d.o.o. iz Grubišnog Polja, Anti Svatu koji mi je omogućio da u njegovom prostoru u tijeku proizvodnje obavim potrebna mjerenja, koja su mi bila potrebna za samu izradu ovog rada.

Želio bih se zahvaliti i svim profesorima, asistentima i djelatnicima Šumarskog fakulteta, koji su mi na bilo koji način pomogli prilikom studiranja.

Za kraj bih želio spomenuti i zahvaliti se svojoj obitelji, djevojci i prijateljima koji su mi bili velika potpora. Posebno bih se želio zahvaliti svojim roditeljima koji su uvijek vjerovali u mene i bili mi velika potpora tijekom cijelog preddiplomskog i diplomskog studiranja.

Sadržaj

Administrativni protokol I
Ključna dokumentacijska kartica II
Key words documentation III
Popis slika IV
Popis tablica V
Korišteni znakovi VI
Predgovor VII
Sadržaj VIII

1. Uvod 9
2. Cilj istraživanja 14
3. Dosadašnja istraživanja 15
3.1. Normiranje glavnih šumskih proizvoda 15
3.1.1. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN 16
3.1.1.1. Drvo za ogrjev 25
3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN 27
3.1.2.1. Čvrsta biogoriva 29
3.2. Tehnologije izrade ogrjevnog drva 34
3.2.1. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja 34
3.2.1.1. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva 34
3.2.2. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom 38
3.2.3. Mehanizirana izrada u postrojenju 40
3.2.3.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u postrojenju – primjer 1 40
3.2.3.2. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u postrojenju – primjer 2 43
3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva 45
4. Objekt i metode istraživanja 48
4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve 48
4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje 53
4.3. Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka 55
4.3.1. Masa ogrjevnog drva 56
4.3.2. Volumen ogrjevnog drva 57
4.3.3. Vlaga ogrjevnog drva 59
4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva 60
4.4. Statistička obrada podataka 61
5. Rezultati istraživanja 62
5.1. Masa ogrjevnog drva 62
5.2. Volumen ogrjevnog drva 64
5.3. Vlaga ogrjevnog drva 66
5.4. Gustoća ogrjevnog drva 67
6. Rasprava 69
6.1. Masa ogrjevnog drva 69
6.2. Volumen ogrjevnog drva 69
6.3. Vlaga ogrjevnog drva 70
6.4. Gustoća ogrjevnog drva 70
7. Zaključci 72

Literatura 73
Životopis 75
Zabilješke 77

1. Uvod

Biomasa je jedan od obnovljivih izvora energije. Pojam biomasa označava biološki materijal nastao od živih organizama poput drva i otpada. Biomasa se koristi za generiranje topline koja se može iskoristiti između ostalog i za proizvodnju električne energije. Kao najjednostavniji primjeri biomase mogu se spomenuti mrtvo drveće i drveno iverje koji su pokazali vrlo velik potencijal kao izvor energije. U biomasu se također ubrajaju biljni i životinjski materijali korišteni prilikom proizvodnje raznih vlakana i kemikalija. Biomasa ima veoma dugu povijest jer je u svojim osnovnim oblicima korištena od samih početaka čovječanstva. Paljenje drveća u špiljama može se smatrati prvim primitivnim korištenjem biomase za dobivanje energije, odnosno tu se radi o pretvorbi energije iz organskih materijala u toplinu. Jednostavno rečeno vatra pretvara organski materijal iz drva u toplinu.

Energija biomase dobiva se iz pet različitih izvora: smeća, drvne mase, raznih otpada, otpadnih plinova i alkoholnih goriva. Biomasa može biti relativno jednostavno konvertirana u upotrebljive izvore energije poput metana ili goriva za transport poput etanola i biodizela. Postoje razne tehnologije iskorištavanja energije iz biomase: direktno za grijanje, pretvorba topline u električnu energiju, pretvorba u neki drugi oblik goriva poput tekućih biogoriva ili zapaljivog bioplina. Biomasa svakim danom postaje sve popularnija i prihvaćenija diljem svijeta. Vrlo često se spominje u mnogim debatama kod kojih se razrađuju prednosti i mane, osobito kad se biomasa usporedi s ostalim obnovljivim izvorima energije. Usprkos raznim mišljenjima, većina znanstvenika i dalje tvrdi da biomasa ima mnoge prednosti pred fosilnim gorivima i da znatno pridonosi smanjenju ukupne emisije ugljičnog dioksida u atmosferu.
Glavne prednosti biomase su:

Biomasa je obnovljivi izvor energije

- Najočitija prednost biomase je činjenica da se radi o obnovljivom izvoru energije, što znači da se ne može u potpunosti potrošiti kao što je to slučaj s fosilnim gorivima. Biomasa većinom dolazi iz biljaka, a biljke su osnovni element za održavanje života na našem planetu. Zaključak je vrlo jednostavan, sve dok postoji život na ovom našem planetu tako dugo će postojati i biomasa kao mogući izvor energije.

Biomasa pomaže u borbi protiv klimatskih promjena

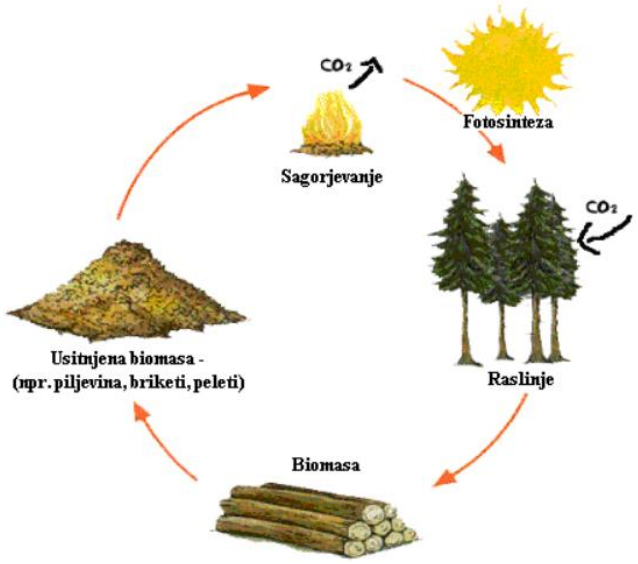
- Biomasa zaista pomaže smanjiti ukupne emisije stakleničkih plinova u atmosferu i time znatno pridonosi u borbi protiv klimatskih promjena. Iako je biomasa povezana s određenim nivoima ispuštanja stakleničkih plinova, to je puno manje nego kod fosilnih goriva. Glavna razlika biomase u odnosu na fosilna goriva kod ispuštanja stakleničkih plinova je u zatvorenom ugljičnom ciklusu kod biomase. To se manifestira iz činjenice da prilikom rasta biljke uzimaju iz atmosfere ugljični dioksid i da prilikom sagorijevanja to ispuštaju (slika 1). Kod fosilnih goriva radi se o jednosmjernom procesu gledano iz perspektive životnog vijeka jer primjerice ugljični dioksid se samo ispušta, a nema procesa vraćanja natrag u zemlju.

Čišći okoliš

- Velika prednost energije iz biomase je mogućnost pročišćavanja okoliša prilikom korištenja biomase. Broj ljudi na svijetu konstantno raste i s tim rastom naravno raste i problem sve veće količine otpada koji se stvara, a koji bi trebao biti primjereno zbrinut. Trenutno velika količina otpada završi u rijekama, potocima, morima i oceanima i time se stvara veliki negativni utjecaj na ekologiju i ljudsko zdravlje. Veći dio ovog otpada mogao bi se iskoristiti za proizvodnju energije iz biomase i time bi se bacanje tog otpada direktno u prirodu znatno smanjilo.

Biomasa je široko dostupan izvor energije

- Čak se i žestoki protivnici korištenja biomase slažu s činjenicom da je to široko i jednostavno dostupan izvor energije. Biomasa postoji u određenom obliku gdje god pogledamo i samim time i potencijalna proizvodnja energije moguća je gotovo bilo gdje. Ovo je svakako jedna od najvećih prednosti biomase pred tradicionalnim fosilnim gorivima. Kao što je opće poznato, fosilna goriva neće trajati vječno i jednom kad svijet potroši zalihe tih goriva biomasa će postati još atraktivniji izvor energije. Mnogi stručnjaci se slažu da kad se gleda s ekonomskog i s ekološkog kuta gledanja biomasa će još dugo biti visoko na listi najboljih mogućih izvora energije.



Slika 1. *Grafički prikaz drvne biomase kao obnovljivog izvora energije*
Izvor: *http://www.greenhome.co.me/index.php?IDSP=450&jezik=lat*

Drvo je vjerojatno najstarije čvrsto gorivo korišteno kao biomasa. Povijesno gledano od kada postoji ljudska populacija poznato je da su sagorijevali drvo za zagrijavanje i kuhanje. U mnogim zemljama i danas, drvo je još uvijek primarni ili čak jedini izvor energije, a u razvijenim zemljama drvo je dobilo na popularnosti nakon naftne krize 1973. godine, gdje su se mnogi odlučili grijati uz pomoć kamina u svojim kućama.

U drvnu biomasu ubrajamo razne ostatke (npr. oblovina koja nije za drugu upotrebu, granje, itd.) i drvni ostatak nastao pri piljenju, brušenju, blanjanju, itd. Vrlo često je to ostatak koji opterećuje poslovanje drvno-prerađivačke tvrtke, a služi kao gorivo u vlastitim kotlovnicama, odnosno sirovina za brikete i pelete. Proizvodnja biomase iz šumskih vrsta drveća i intenzivno uzgajanje brzorastućih vrsta drva (vrba, topola, itd.) je danas poznato kao sistem brzorastućih kultura u kratkim rotacijama (Short Rotation Coppice (SRC system)). Prednost uzgoja brzorastućih vrsta drveća je i ta što se mogu uzgajati na zemljištima koja su napuštena ili tamo gdje poljoprivredna proizvodnja nije rentabilna ili pogodna za uzgoj drugih vrjednijih vrsta drva. Najčešće se uzgaja vrba i topola u veoma gustim nasadima (od 1 000 do 30 000 biljaka po ha), koje nakon što stablo bude posječeno, svojim izdancima iz panja ili korijena omogućuju sječu svakih 2 do 5 godina. Nakon sječe izdanaka u navedenom periodu kultura se mora iskrčiti i zamijeniti novim sadnim materijalom.

Vrba i topola su idealne za proizvodnju energije zbog veoma brzog rasta. Vrba može narasti 2 metra u toku jedne godine, odnosno kada dostigne visinu od 6 metara (a to je nakon 3 godine) spremna je za sječu. Iz jednog hektara nasada vrbe može se proizvesti oko 10 tona piljevine godišnje, količina koja je potrebna za proizvodnju 1 kW energije. Vrba se najviše uzgaja u sjevernim dijelovima Europske unije. U Švedskoj, razvoj proizvodnje vrbe je počeo dobivati na značaju još od davne 1975. godine kroz intenzivne istraživačke programe. Od 1991. godine proizvodnja je komercijalizirana i trenutno iznosi 17 000 ha nasada vrbe. Danas se posebna pažnja obraća na stvaranje novih brzorastućih vrsta drva, koje se mogu koristiti za proizvodnju biomase. Intenzivno uzgajanje brzorastućih vrsta drva u područjima gdje postoje odgovarajući uvjeti za takvu namjenu, može dovesti do rješavanja problema deficita drvne sirovine u proizvodnji biomase.

Kada već govorimo o drvnoj biomasi, bitno je naglasiti da je Republika Hrvatska jedna od zemalja koja je jako bogata sa šumama, odnosno po tome je odličan izvor drvne biomase. Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta u Republici Hrvatskoj iznosi 2 688 687 ha što je 47% kopnene površine države. Od toga je 2 106 917 ha u vlasništvu Republike Hrvatske, dok je 581 770 ha u vlasništvu privatnih šumoposjednika. Godišnji prirast drvne zalihe u Republici Hrvatskoj iznosi 10 500 000 m^3, od čega je 8 000 000 m^3 u šumama kojima gospodare „Hrvatske šume“, a 2 100 000 m^3 u šumoposjedničkim šumama. Godišnje se u šumama kojima gospodare „Hrvatske šume“ iskoristi manje od prirasta, čime se osigurava budućnost održivog gospodarenja što je vrlo bitna stvar. Godišnji etat, odnosno sječiva drvna masa u šumama kojima gospodare „Hrvatske šume“ iznosi u prosjeku 5 800 000 m^3. U tablici 1 mogu se vidjeti podaci o drvnoj zalihi prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj.

Tablica 1. *Drvna zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj*

Vrsta drva ***Wood species***	**Drvna zaliha** ***Quantity of wooden rawmaterial***							
	HŠ d.o.o. / ***Croatian forests d.o.o***		***Ostale državne šume / Other publics***		**Privatne šume /** ***Private forests***		***Ukupno / Total***	
	000 m^3	%	000 m^3	%	000 m^3	%	000 m^3	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hrast lužnjak (*Quercus rubur* L.)	45 034	14,9	238	1,4	3 368	4,3	48 640	12,2
Hrast kitnjak (*Quercus petraea* L.)	28 728	9,5	109	0,6	9 573	12,2	38 410	9,7
Cer (*Quercus cerris* L.)	3 414	1,1	0	0,0	2 768	3,5	6 182	1,6
Medunac (*Quercus pubescens* Willd.)	1 502	0,5	5	0,0	2 829	3,6	4,336	1,1
Crnika (*Quercus ilex* L.)	517	0,2	25	0,1	4,404	5,6	4,946	1,2
Bukva (*Fagus sylvatica* L.)	113 191	37,4	11 238	65,2	18 916	24 2	143 345	36,0
Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* L.)	11 793	3,9	75	0,4	894	1,1	12 762	3,2
Obični jasen (*Fraxinus excelsior* L.)	118	0,0	7	0,0	80	0,1	206	0,1
Crni jasen (*Fraxinus ornus* L.)	37	0,0	0	0,0	93	0,1	130	0,0
Američki jasen (*Fraxinus americana* L.)	228	0,1	0	0,0	35	0,0	263	0,1
Obični grab (*Carpinus betulus* L.)	23 242	7,7	76	0,4	13 022	16,6	36 340	9,1
Crni grab (*Ostrya carpinifolia* Scop.)	510	0,2	51	0,3	548	0,7	1 109	0,3
Bijeli grab (*Carpinus orientalis* Mill.)	80	0,0	0	0,0	61	0,1	141	0,0
Gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.)	1 361	0,5	162	0,9	718	0,9	2 242	0,6
Klen (*Acer campestre* L.)	647	0,2	0	0,0	627	0,8	1 274	0,3
Nizinski brijest (*Ulmus carpinifolia* Gled.)	369	0,1	0	0,0	94	0,1	463	0,1
Bagrem (*Robinia pseudoagacia* L.)	1 418	0,5	8	0,0	6 572	8,4	7 998	2,0
Crni orah (*Juglans nigra* L.)	284	0,1	0	0,0	12	0,0	296	0,1
Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.)	2 175	0,7	1	0,0	1 536	2,0	3 713	0,9
Divlja trešnja (*Prunus avium* L.)	381	0,1	0	0,0	680	0,9	1 062	0,3
Ostale voćkarice / Other fruit trees wood species	195	0,1	0	0,0	54	0,1	249	0,1
Ostale tvrde listače / Other hardwood broadleaved wood species	10 263	3,4	266	1,5	741	0,9	11 270	2,8
Malolisna lipa (*Tilia cordata* Mill.)	2 298	0,8	0	0,0	970	1,2	3 269	0,8
Crna joha *(Alnus glutinosa* Gaertn.)	3 948	1,3	14	0,1	3 864	4,9	7 826	2,0
Obična breza (*Betula pendula* Roth.)	189	0,1	0	0,0	415	0,5	604	0,2
Obična vrba (*Salix alba* L.)	2 374	0,8	66	0,4	673	0,9	3 113	0,8
Domaće topole (*Populus alba* L.; *Populus nigra* L.)	1 358	0,4	62	0,4	1 799	2,3	3 219	0,8
Euroamerička topola (*Populus euroamericana Dode.*)	2 157	0,7	45	0,3	162	0,2	2 363	0,6
Ostale meke listače / Other softwood broadleaved wood species	1 199	0,4	11	0,1	208	0,3	1 418	0,4
Jela (*Abies alba* Mill.)	27 840	9,2	2 942	17,1	624	0,8	31 406	7,9
Smreka (*Picea abies* Karst.)	6 622	2,2	1 325	7,7	602	0,8	8,549	2,1
Bijeli (obični) bor (*Pinus sylvestris* L.)	1 461	0,5	72	0,4	307	0,4	1 840	0,5
Crni bor (*Pinus nigra* Arnold.)	3 330	1,1	191	1,1	369	0,5	3 890	1,0
Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.)	1 892	0,6	193	1,1	542	0,7	2 627	0,7
Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton.)	46	0,0	0	0,0	0	0,0	46	0,0
Pinj *(Pinus pinea* L.)	38	0,0	0	0,0	0	0,0	38	0,0
Borovac (*Pinus strobus* L.)	921	0,3	0	0,0	95	0,1	1 016	0,3
Europski ariš (*Larix europea* Lam.)	512	0,2	2	0,0	7	0,0	520	0,1
Duglazija (*Pseudotsuga taxifolia* Britt.)	117	0,0	0	0,0	0	0,0	117	0,0
Ostale četinjače / Other coniferous	542	0,2	58	0,3	0	0,0	582	0,1
Ostale vrste / Other wood species	106	0,0	2	0,0	35	0,0	143	0,0
Ukupno / Total	302 417	100,0	17 245	100,0	78 301	100,0	397 963	100,0
Udio / Percentage in total wooden rawmaterial, %	76,0		4,3		19,7		100,0	

Izvor: *Šumskogospodarska osnova područja, 2006 – 2015.*

2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja u ovome diplomskom radu je eksperimentalno i teorijski istražiti promjene do kojih dolazi usred prirodnog sušenja oblog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.).

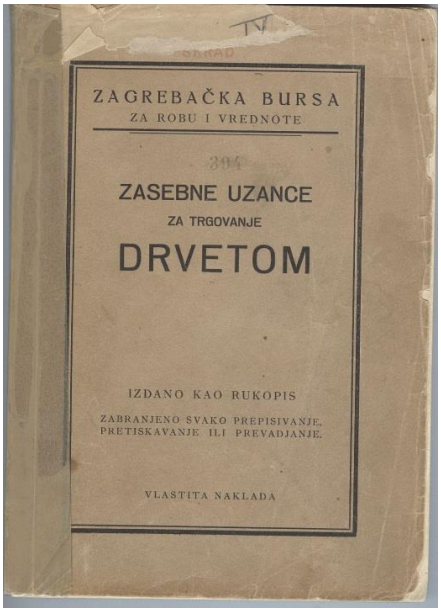
Cilj je istražiti koliko je zapravo oblo ogrjevno drvo obične bukve izgubilo na masi, volumenu i vlazi tijekom prirodnog sušenja u određenom vremenskom periodu.

U konačnici cilj je preko tih rezultata vidjeti do kakvih je promjena došlo kod gustoće drva, koja je vrlo bitna s gledišta izgaranja ogrjevnog drva, odnosno ima utjecaj na kalorijsku vrijednost drva. Svi ti podaci zajedno su vrlo bitni, odnosno imaju veliki utjecaj na konačni obračun, količinu i transport takve drvne biomase, te najvažnije od svega na konačnu cijenu.

3. Dosadašnja istraživanja

3.1. Normiranje glavnih šumskih proizvoda

Prvi oblici standarda ili normi koji su nastali prema mjestu dogovora, odnosno nastanka zvali su se uzance ili pisani trgovački sporazumi (slika 2). Tako imamo: Zagrebačke uzance iz 1930. godine, Ljubljanske uzance, Tršćanske uzance, Bečke uzance i Peštanske uzance. Zadatak standarda je da definira oblik, dimenziju, kvalitetu i način obrade proizvoda. U bivšoj državi (Jugoslavija) oznaka za standard ili normu bila je JUS.



Slika 2. *Izgled prvog oblika standarda ili norme*
Izvor: *Zečić, 2012.*

Norma je dokument donesen konsenzusom i odobren od priznatog tijela, koji za opću i višekratnu uporabu daje pravila, upute ili značajke za djelatnosti ili njihove rezultate, te koji jamči najbolji stupanj uređenosti u danom kontekstu. One su podrška i alat za provedbu tehničkog zakonodavstva. Norme svojom primjenom omogućavaju uklanjanje trgovačkih zapreka i time slobodno kretanje roba, osoba i kapitala stvaranjem jedinstvenog tržišta. Primjenjuju se na proizvod i na cijele sustave upravljanja kao i na osoblje. Primjena norme olakšava proizvođaču dokazivanje sukladnosti njegova proizvoda temeljnim zahtjevima iz direktiva, a tijelu za ocjenu sukladnosti dokazivanje vlastite sposobnosti za provođenje zadaća ocjenjivanja proizvoda ili sustava.

Hrvatska norma (HRN) je norma koju je prihvatilo hrvatsko nacionalno normirno tijelo, dok je europska norma (EN) ona koju je prihvatila europska normizacijska organizacija. Sadržaji europskih normi razlikuju se od važećih hrvatskih normi, te će njihovo prihvaćanje uvjetovati promjenu načina rada. Razlike između hrvatskih i europskih normi očituju se u procesima prikrajanja drva, preuzimanja i evidencije šumskih proizvoda, te trgovini drvom (Krpan i Sušnjar, 1999). Hrvatske norme mogu nastati na četiri načina s pripadajućim oznakama:

- prihvaćanjem stranih normi uz prevođenje na hrvatski jezik (pp)
- prihvaćanjem stranih normi u izvorniku s hrvatskim ovitkom (po)
- prihvaćanjem stranih normi u izvorniku objavom obavijesti o prihvaćanju (pr)
- izradom izvorne hrvatske norme (izv)

3.1.1. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN

Stari sustav HRN (Hrvatskih normi proizvoda iskorištavanja šuma) koji je proistekao iz JUS-a povučen je 1995. godine, te više nema nikakav formalno pravni status u Republici Hrvatskoj i na njega se više nije moguće pozivati u smislu normativnih akata. Tijekom 2008. godine povučene su i posljednje preostale JUS norme iz uporabe, nakon čega one više nisu važeće hrvatske norme nego se prihvaćaju EN (europske) norme. Nakon ulaska Republike Hrvatske u EU (Europsku uniju) njezina obaveza je bila prihvatiti postojeće europske (EN) norme, odnosno povući sve proturječne norme. Prema HRN glavni šumski proizvodi bili su razvrstani u 22 norme. HRN norme korištene su nakon drugog svjetskog rata u vremenskom periodu od 1950. do 1991 godine, odnosno do kraja 2008. godine. U sljedećem poglavlju navedene su sve 22 HRN norme.

1. Dijelovi stabla, građa i značajke drva (nazivlje i definicije) (JUS D.B.020 1969).
2. Greške drva (nazivlje, definicije i mjerenje (HRN D.AO.101 (JUS 1969))).
3. Razvrstavanje i mjerenje obloga drva (HRN D.B0.022 1984).
4. Trupci za furnir, listopadno drvo (HRN D.B4.020 1979).
5. Trupci za ljuštenje, listopadno drvo (HRN D.B4.022 1979).
6. Trupci za rezanje, listopadno drvo (HRN D.B4.028 1979).
7. Crnogorični trupci za rezanje, listopadno drvo (HRN D.B4.029 1979).

8. Trupci za furnir, hrast (HRN D.B4.031 1979).
9. Crnogorični trupci za furnir (HRN D.B4.021 1979).
10. Crnogorični trupci za ljuštenje (HRN D.B4.023 1979).
11. Trupci za pragove (HRN D.B4.026 1979).
12. Trupci za kombiniranu namjenu (HRN D.B4.027 1979).
13. Trupci za furnir oraha (D.B4.030 1959).
14. Rudničko drvo (HRN D.B1.023 1980).
15. Piloti (HRN D.B1.021 1982).
16. Stupovi za vodove (HRN D.B2.020 1982).
17. Oblo i cijepano drvo (Kolarsko drvo) (HRN D.B3.021 1955).
18. Rezonantno drvo (HRN D.B3.023 1964).
19. Oblo tehničko drvo (D.B3.020 1964) - Sitno tehničko drvo.
20. Drvo za ogrjev (HRN D.B5.023 1979).
21. Drvo za drvne ploče (HRN D.B5.024 1979).
22. Drvo za izradu celuloze i drvenjače (HRN D.B5.020 1979).

Razvrstavanje i mjerenje obloga drva (HRN D.B0.022 1984).

Prema glavnim sastavnicama drvo stabla razvrstava se na: deblovinu, granjevinu i panjevinu. **Deblovina** je drvni obujam debla i rašlji od 7 cm naviše, mjereno na tanjem kraju, bez kore. **Granjevina** je drvni obujam grana debljih od 7 cm, mjereno s korom. **Sitna granjevina (kićevina)** je drvni obujam grana tanjih od 7 cm, mjereno s korom. **Panjevina** je drvni obujam nadzemnog i podzemnog dijela panja i debljih dijelova korijena. U tablici 2 prikazano je razvrstavanje stabla prema načinu uporabe.

Tablica 2. *Razvrstavanje stabla prema načinu uporabe (Zečić i Vusić, 2013)*

Drvo prema načinu uporabe		
Drvo za tehničko iskorištavanje (tehničko drvo)	Drvo za kemijsko iskorištavanje	Drvo za ogrjev
Tehničko drvo		
Oblo tehničko drvo	Cijepano drvo	Tesano drvo
Oblo tehničko drvo		
Trupci	Obla građa	Sitno tehničko drvo

Tehničko drvo su dijelovi debla i grana kod kojih se koriste tehnička svojstva. **Drvo za kemijsko iskorištavanje** su dijelovi stabla (oblo drvo, cijepano drvo, granje, korijenje i kora) koji služe za preradbu kemijskim postupkom. **Drvo za ogrjev** je ono drvo koje nije tehnički uporabivo i od kojeg se koristi toplinska energija**. Oblo tehničko drvo** su dijelovi stabala koji su namijenjeni za tehničku uporabu, a zadržali su prirodni oblik poslije izrade. **Cijepano tehničko drvo** su cjepanice namijenjene daljnjoj preradi. **Tesano tehničko drvo** su dijelovi debla koji su obrađeni tehnikom tesanja, a namijenjeni su za neposrednu uporabu. Prema debljini u debljinske razrede i podrazrede razvrstavaju se samo trupci i obla građa (tablica 3).

Tablica 3. *Razvrstavanje trupaca i oble građe prema srednjem promjeru (Zečić i Vusić, 2013)*

Debljinski razredi i podrazredi	**Veličina srednjeg promjera** [cm]
1. razred	do 19 cm srednjeg promjera, bez kore
1.a podrazred	do 14 cm srednjega promjera, bez kore
1.b podrazred	od 15 do 19 cm srednjega promjera, bez kore
2. razred	od 20 cm do 29 cm srednjeg promjera, bez kore
2.a podrazred	od 20 do 24 cm srednjega promjera, bez kore
2.b podrazred	od 25 do 29 cm srednjega promjera, bez kore
3. razred	od 30 cm do 39 cm srednjeg promjera, bez kore
3.a podrazred	od 30 do 34 cm srednjega promjera, bez kore
3.b podrazred	od 35 do 39 cm srednjega promjera, bez kore
4. razred	od 40 cm do 49 cm srednjeg promjera, bez kore
4.a podrazred	od 40 do 44 cm srednjega promjera, bez kore
4.b podrazred	od 45 do 49 cm srednjega promjera, bez kore
5. razred	od 50 cm do 59 cm srednjeg promjera, bez kore
6. razred	od 60 cm srednjeg promjera naviše

Prema vremenu sječe drvo se razvrstava na drvo zimske sječe i na drvo ljetne sječe. Drvo zimske sječe je ono koje je oboreno u vremenu od 1. listopada do 31. ožujka za vrijeme mirovanja vegetacije, dok je drvo ljetne sječe oboreno u vremenu od 1. travnja do 30. rujna za vrijeme vegetacije osim travnja i svibnja (Pravilnik o uređivanju šuma, 2006).

Prostorno drvo

Prostorno drvo (slika 3) je drvo izrađeno u obliku cjepanica, oblica, gula i sječenica, duljine komada do 2 m. Slaže se u složajeve u obliku prizme, a obujam se iskazuje u m^3 na temelju pretvaranja obujma složajeva u kompaktnu drvnu masu

(bez šupljina). Složajevi prostornog drva u obliku prizme trebaju biti takvi da složaj ima po čitavoj duljini istu širinu i visinu. Slaganje se obavlja tako da bude sa što manje međuprostora. Na krajevima jednog složaja dozvoljava se međusobno okomito slaganje. Prostorno drvo obilježava se u složaju na 50 % cjepanica odnosno oblica s jedne strane složaja ili 30 % s obje strane složaja. Kod mjerenja visine međusobno okomitih složajeva odbija se 20 %. Kod svježeg drva u šumi, po visini složajeva, daje se nadmjera od 10 %. Sadržaj prostornoga drva utvrđuje se mjerenjem visine, širine i projekcije duljine složaja. Pretvaranje zapremine složaja u kompaktni drvni obujam (m^3) vrši se pomoću pretvorbenih koeficijenata (tablica 4), zavisno od mjera i namjene koje su ovim standardom utvrđene (Zečić i Vusić, 2013).

Tablica 4. *Tablica pretvorbenih koeficijenata za prostorno drvo složaja (Zečić i Vusić, 2013)*

Oblik prostornog drva	**Pretvorbeni koeficijenti za prostorno drvo složaja**
Tehnička cjepanica	0,80
Tehnička oblica	0,75
Prostorno drvo za celulozu, polucelulozu i drvenjaču od četinjača i listača	0,70
Pilanski drvni ostatak	0,50
Šumski ostatak	0,40
Panjevina	0,45
Sječenica	0,55
Sječka	0,37
Drvo za ogrjev i drvno za drvne ploče	0,69

Slika 3. *Prostorno drvo u obliku cjepanice*

Tehnička oblica

Dobiva se od oblog drveta, koje je sa oba kraja prepiljeno pilom (slika 4). Namijenjena je daljnjem prerađivanju i izrađuje se u dužinama od 0,5 do 1,3 m, srednjeg promjera 7 od 12 cm. Zaokruživanje promjera je na cijele centimetre na niže, a duljine na cijele decimetre na niže, bez nadmjere. Tehnička oblica se obračunava i isporučuje u m^3 i kg. Od grešaka su dozvoljene zdrave srasle kvrge do 20 mm promjera neograničeno, a do 40 mm promjera po jedna kvrga na komadu, zakrivljenost do 2% od ukupne dužine, te zdrava neprava srž do 50 % promjera. U tablici 5 prikazana je podjela tehničke oblice prema klasama kvalitete.

Tablica 5. *Podjela tehničke oblice prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)*

Klasa	Dozvoljene greške tehničke oblice
I.	Oblovina kod koje se dopuštaju kvrge svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % isporučene količine, 30% prozuklih komada, visina luka do 15 cm, te neograničena usukanost.
II.	Oblovina kod koje se dopušta zakrivljenost, usukanost je neograničena, dopušteno je 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge mogu biti svih vrsta i veličina, komadi koji su u obliku kratica, a koji zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.

Slika 4. *Tehnička oblica*

Tehnička cjepanica

Izrađuje se cijepanjem oblog drveta promjera 14 cm naviše, a koje je s oba kraja prerezano pilom (slika 5). To su komadi drva 1 m duljine ± 5 cm. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 24 cm. Cijepane oblice su širine 12 do 20 cm. Tehnička cjepanica se obračunava u m^3 i po komadu, a isporučuje se u m^3 i kg. U tablici 6 prikazana je podjela tehničke cjepanice prema klasama kvalitete.

Tablica 6. *Podjela tehničke cjepanice prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)*

Klasa	Dozvoljene greške tehničke cjepanice
I.	Oblovina kod koje se dopuštaju kvrge svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % isporučene količine, 30% prozuklih komada, visina luka do 15 cm, te neograničena usukanost.
II.	Oblovina kod koje se dopušta zakrivljenost, usukanost je neograničena, dopušteno je 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge mogu biti svih vrsta i veličina, komadi koji su u obliku kratica, a koji zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.

Slika 5. *Tehnička cjepanica*

Drvo za drvnu vunu

Drvna vuna je proizvod napravljen od drvenih vlakna (slika 6), koja su iznimno dobar toplinski izolator. Smatra se kvalitetnim ekološkim rješenjem koje bi moglo zamijeniti neke druge materijale koji imaju štetan utjecaj na okoliš. Najčešće se

proizvodi od mekanijih vrsta drva, odnosno četinjača (jelovina, smrekovina), a može i iz onih vrsta drva koja nisu pretvrda.

Bitno je da drvo koje se koristi za njezinu proizvodnju nije isuviše kvrgavo, da nije trulo, te da ima pravilnu strukturu odnosno „ravnu žicu“. Drvo se usitnjava struganjem okoranih trupčića, približno dugih 50 cm, u duge uvijene trake (drvena vlakna). Drvena vlakna odstupaju u debljini od 0,08 mm do 0,50 mm, a širina im može biti od 0,60 mm do 12,5 mm. Prešana drvena vlakna povezana cementom kao vezivom tvore drvnu vunu. Takva kombinacija daje kruti proizvod idealan za proizvodnju u obliku (tankih) ploča. Za razliku od suhog neobrađenog drva, teško gori, te se koristi kad je potrebna kvalitetna protupožarna efikasnost. Otporna je i na udarce, no isto tako šteti joj duže vremensko izlaganje vlazi.

Ploče su lagane i jednostavne za rukovanje, te se sve više i češće primjenjuju u građevinskoj industriji kao toplinski izolator. Lagane su zbog toga jer sadrže šupljine budući da vlakna prilikom izrade ne dosjedaju idealno jedna na drugu. Njihova gustoća najčešće se kreće od 200 do 500 kg/m^3 (ovisno o tome koliko ih jako prešamo), a može se postići gustoća od čak 1000 kg/m^3 kod tvrdih ploča. Niska gustoća, tj. šupljine koje se nalaze između niti vlakana omogućavaju joj i dobru paropropusnost. Ima vrlo dobra termoizolacijska svojstva s obzirom na masu, ali i isto tako može poslužiti i kao dobar izolator zvuka budući da drvena vlakna upijaju određene zvučne valove. Rijetko se koristi samostalno, nego najčešće u kombinaciji sa nekim drugim, boljim izolatorom i to kao vanjska kora.

Slika 6. *Drvena vlakna od kojih se proizvodi drvna vuna*
Izvor: *https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Palha_de_madeira2.jpg*

Drvo za drvne ploče

Drvne ploče su materijali izrađeni od drvne sirovine, različitih vrsta, kvalitete i oblika, uz primjenu postupaka lijepljenja pod tlakom, sa ili bez djelovanja povišene temperature. Osnovne skupine drvnih ploča čine ploče od uslojenoga drva (furnirske i stolarske ploče) i ploče od usitnjenoga drva (iverice i vlaknatice). Za izradu drvnih ploča upotrebljava se drvo četinjaća, te tvrdih i mekih listača (slika 7). Koristi se drvo različitih oblika od oblovine određenih dimenzija, prostornog drva u obliku cjepanica i oblica, sječenica, te raznih pilanskih i šumskih ostataka. Promjer četinjača se mjeri bez kore, a listača s korom. Drvo za drvne ploče se isporučuje u m^3 i kg. U tablici 7 prikazane su dimenzije prostornog drva za izradu drvnih ploča.

Tablica 7. *Dimenzije prostornog drva za izradu drvnih ploča (Zečić i Vusić, 2013)*

Vrsta prostornog drva	Dimenzije (duljina, m; promjer, cm)
Cjepanica	Duljina 1 m ± 5 cm; duljina tetive ili stranice od 10 do 25 cm.
Oblica	Duljina 1 m na više, zaokruženo na 10 cm na niže; promjer od 7 cm do 25 cm.

Slika 7. *Prostorno drvo u obliku višemetrice za proizvodnju drvnih ploča*

Celulozno drvo

Drvo je danas najvažnija sirovina u proizvodnji celuloze. Celuloza se dobiva kemijskim postupkom, odnosno kuhanjem usitnjenog drva pod povišenim tlakom i temperaturom bilo u alkalijskoj otopini (natronska i sulfatska celuloza) bilo u kiseloj

otopini (sulfitska celuloza). Za njezinu proizvodnju obično se uzima tanja oblovina određenih dimenzija, razni šumski i pilanski ostatak, sječenice, prostorno drvo u obliku cjepanica (slika 8) i oblica, itd.

Upotrebljavaju se različite vrsta drva (smreka, jela, bor, jasen, topola, lipa, joha, vrba, breza i bukva), od crnogoričnog do tvrdog i mekog listopadnog drva. Za njezinu izradu drvo mora biti zdravo, ne smije biti prestaro i prhko. Mora biti što pravilnije građe i što čišće od grana i kvrga. Dozvoljava se po koja kvrga, drvo mora biti sa što manje srži, ne smije biti rujavo, crvotočno i trulo. Nepoželjne su raspukline, jer se u njima nakuplja nečistoća, a ona nepovoljno djeluje na kakvoću celuloze. Za proizvodnju celuloze važno je, da celuloznog drva ima u velikim količinama, te da je jeftino. Svaka se vrsta drva stavlja u promet posebno. Prilikom obračuna količine drvo mjerimo: četinjače bez kore; listače s korom (bez kore ili bez lika (omakljano)); listače (oblovina) s korom (odbijamo postotak kore od obujma ili mase). Količina drva se iskazuje i isporučuje kao masa u kg ili kao obujam u m^3. Celuloza je danas ne samo osnovna sirovina u proizvodnji papira nego je ona i osnovica veleobrta umjetne svile, umjetne vune, eksploziva, umjetnih tvari i drvnog šećera. U tablici 8 prikazane su dimenzije prostornog drva za izradu celuloze.

Tablica 8. *Dimenzije prostornog drva za izradu celuloze (Zečić i Vusić, 2013)*

Vrsta prostornog drva	Dimenzije (duljina, m; promjer, cm)
Cjepanica	Duljina 1 m ± 5 cm; duljina tetive ili stranice od 10 do 25 cm.
Oblica	Duljina 1 m na više, zaokruženo na 10 cm na niže; promjer od 7 cm do 25 cm.

Slika 8. *Prostorno drvo u obliku tehničke cjepanice za proizvodnju celuloze*

3.1.1.1. Drvo za ogrjev

Ogrjevno drvo je ono koje se upotrebljava za proizvodnju topline, odnosno koje nije tehnički upotrebljivo (slika 9). Izrađuje se od svih vrsta drveća. Sječe se u zimskoj (1. 10. - 31. 3.) i ljetnoj (1. 4. - 30. 9.) sječi. Ogrjevno drvo isporučuje se i mjeri s korom u m^3 ili u kg. Razlikujemo suho drvo za ogrjev i sirovo drvo za ogrjev. Suho drvo za ogrjev je kada je od sječe proteklo najmanje 6 mjeseci, a sirovo drvo za ogrjev je kada je od sječe proteklo manje od 4 mjeseca. U tablici 9 prikazana je podjela ogrjevnog drva prema tvrdoći, a u tablici 10 prikazani su razni oblici ogrjevnog drva, te njihove karakteristike.

Tablica 9. *Podjela ogrjevnog drva prema tvrdoći (Zečić i Vusić, 2013)*

Tvrdo drvo listača	Meko drvo listača	Drvo četinjača
Hrast	Breza	Jela
Bukva	Joha	Smreka
Grab	Lipa	Bor
Cer	Topola	Ariš
Javor	Vrba	
Bagrem		
Jasen		
Brijest		
Klen		
Drvo voćkarica		

Tablica 10. *Razni oblici ogrjevnog drva i njihove karakteristike (Zečić i Vusić, 2013)*

Oblik ogrjevnog drva	Karakteristike ogrjevnog drva i dozvoljene greške
Cjepanica	To je komad drveta 1 m duljine ± 5 cm. Izrađuje se cijepanjem oblog drveta promjera 14 cm naviše, koje je s oba kraja prerezano pilom. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 24 cm. Cijepane oblice su širine 12 do 20 cm. Kod I. klase dopuštaju se kvrge svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % isporučene količine, 30% prozuklih komada, visina luka do 15 cm, neograničena usukanost. Kod cjepanice koje ne pripadaju I. klasi dopušta se zakrivljenost, usukanost neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge svih vrsta i veličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.
Oblica	Izrađuje se od oblog drveta, koje je s oba kraja prepiljeno pilom. Duljine su kao i cjepanice, a promjera 7 do 12 cm. Kod I. klase dopuštaju se kvrge svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % isporučene količine, 30% prozuklih komada, visina luka do 15 cm, neograničena usukanost. Kod oblice koje ne pripadaju I. klasi dopušta se zakrivljenost, usukanost neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge svih vrsta i veličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.
Sječenica	Izrađuje se od oblog drveta koje je na oba kraja presječeno sjekirom ili prepiljeno pilom. Promjera su 3 do 7 cm, a duljine su od 0,90 do 1,20 m. Dopuštene su sve kvrge, prozukli i natruli komadi do 30 % količine.
Gula	Kvrgavi, necjepani komad drveta, debljine do 40 cm, a duljine od 0,50 do 1,20 m. Kod gula duljine 0,50 do 1,20 m i debljine 25 do 40 cm, dopušta se zakrivljenost, usukanost neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvrge svih vrsta i veličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine.
Panjevina	Komad drva dobiven cijepanjem panja debljine 15-40 cm. Mora biti zdrava, očišćena od zemlje i kamenja. Dopušta se 30 % prozuklih i natrulih komada i nečistoće do 5 % obujma drva.
Otpaci	Komadi drva koji otpadaju pri sječi, rezanju, cijepanju, tesanju i koranju u šumi ili na pilani. Komadi drva su debljine 0,5 do 25 cm, širine 2 do 25 cm i duljine 15 do 120 cm. Dopušta se 30 % natrulih i prozuklih komada.

Drvo za ogrjev možemo koristiti i kao materijal za daljnju preradbu, odnosno za suhu destilaciju, za generatore, te za dobivanje terpentina i kalofonija. Za suhu destilaciju možemo upotrijebiti ogrjevno drvo od tvrdih listača I. i II. klase, te sječenice. Drvo za generatore služi kao drvo za ogrjev, usitnjeno je na mjere 4 cm x 5 cm x 7 cm, mora biti zdravo, bez piljevine i drugih nečistoća. Stavlja se u promet u kilogramima i pomiješano je od svih vrsta drveća. Za dobivanje terpentina i kalofonija obično služi panjevina četinjača bez korijenja i žila, promjera do 10 cm, mora biti očišćena od pijeska, kamenja, zemlje i truleži. Mogu se upotrebljavati i otpaci.

Drvo za ogrjev osim u prostornom obliku može se staviti u promet i u obliku oblovine duljine od 1 m pa naviše. Promjer se zaokružuje na cijele centimetre, a duljina na 10 cm, nadmjera se ne daje. Oblovina se mjeri zajedno s korom u m^3 ili u kg, a po kvaliteti se dijeli na I. i II. klasu. U tablici 11 prikazana je podjela ogrjevnog drva višemetrice prema klasama kvalitete.

Tablica 11. *Podjela ogrjevnog drva višemetrice (VMO) prema klasama kvalitete (Zečić i Vusić, 2013)*

Klasa	Dozvoljene greške ogrjevnog drva (VMO)
I.	Kvrge svih vrsta i veličine, natruli komadi do 10 % od isporučene količine, prozukli komadi do 30 % od isporučene količine, zakrivljenost s visinom luka do 15 cm, usukanost neograničena.
II.	Kvrge svih vrsta i veličina, zakrivljenost i usukanost neograničena, komadi sječeni s jednog ili sa oba kraja, natruli komadi do 20 % od isporučene količine, prozukli komadi do 50 % od isporučene količine.

Slika 9. *Cijepano ogrjevno drvo složeno u paletu*

3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN

Glavna razlika između starih normi (JUS – HRN) i novih normi (HRN EN) je da „stare“ hrvatske norme tehničku oblovinu razvrstavaju prema njezinoj namjeni, a „nove“ hrvatske norme tehničku oblovinu razvrstavaju prema kakvoći, ne prejudicirajući njezinu buduću namjenu. Dugogodišnji razvoj domaće drvne industrije zasnovan je na „starim“ normama, odnosno nije teško zaključiti da nedostatak (ili potpuni izostanak) tržišta šumskih drvnih sortimenata u Republici Hrvatskoj predstavlja glavnu prepreku u prihvaćanju međunarodnih normi od strane operativnog šumarstva i drvne industrije. HRN EN norme odnosno njihove strane inačice, nisu uvijek obvezne u primjeni ni u zemljama u kojima su nastale, jer su trgovački odnosi šumoposjednika (proizvođača, prodavatelja) i drvoprerađivača (kupca) regulirani ugovorima koji se ne moraju nužno pozivati na normu. Kod razvrstavanja glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN postoje 23 norme, koje su navedene u sljedećem poglavlju.

1. HRN EN 844-1:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 1. dio: Opći nazivi zajednički za oblo i piljeno drvo (EN 844-1:1995). Round and sawn timber - Terminology - Part 1: General terms common to round timber and sawn timber (EN 844-1:1995).
2. HRN EN 844-2:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 2. dio: Opći nazivi povezani s oblim drvom (EN 844-2:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 2: General terms relating to round timber (EN 844-2:1997).
3. HRN EN 844-5:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 5. dio: Nazivi povezani s dimenzijama obloga drva (EN 844-5:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 5: Terms relating to dimensions of round timber (EN 844-5:1997).
4. HRN EN 844-7:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 7. dio: Nazivi povezani s anatomskom strukturom drva (EN 844-7:1997). Round and sawn timber - Terminology - Part 7: Terms relating to anatomical structure of timber (EN 844-7:1997).
5. HRN EN 844-8:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 8. dio: Nazivi povezani sa značajkama obloga drva (EN 844-8:1997). Round and sawn timber – Terminology - Part 8: Terms relating to features of round timber (EN 844-8:1997).

6. HRN EN 844-10:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 10. dio: Nazivi povezani s promjenom boje i napadom gljiva (EN 844-10:1998). Round and sawn timber - Terminology - Part 10: Terms relating to stain and fungal attack (EN 844-10:1998).
7. HRN EN 844-11:1999 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 11. dio: Nazivi povezani s oštećenjem drva od insekata (EN 844-11:1998). Round and sawn timber - Terminology - Part 11: Terms relating to degrade by insects (EN 844-11:1998).
8. HRN EN 844-12:2001 Oblo i piljeno drvo - Nazivlje - 12. dio: Dodatni nazivi i kazalo (EN 844-12:2000). Round and sawn timber - Terminology - Part 12: Additional terms and general index (EN 844-12:2000).
9. HRN EN 1309-2:2006. Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja dimenzija - 2. dio: Oblo drvo - Zahtjevi za pravila proračuna mjera i volumena (EN 1309-2:2006). Round and sawn timber - Method of measurement of dimensions - Part 2: Round timber - Requirements for measurement and volume calculation rules (EN 1309-2:2006).
10. HRN EN 1310:1999 Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja svojstava (EN 1310:1997). Round and sawn timber - Method of measurement of features (EN 1310:1997).
11. HRN EN 1311:1999 Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja bioloških oštećenja (EN 1311:1997). Round and sawn timber - Method of measurement of biological degrade (EN 1311:1997).
12. HRN EN 1315:2010 Razredba dimenzija oblog drva (EN 1315:2010). Dimensional classification of round timber (EN 1315:2010).
13. Fpr EN 1316-1:2012 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 1.dio: Hrast i bukva (EN 1316-1:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification – Part 1: Oak and beech (EN 1316-1:1997).
14. HRN EN 1316-2:1999 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 2. dio: Topola (EN 1316-2:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 2: Poplar (EN 1316-2:1997).
15. HRN EN 1316-3:1999 Oblo drvo listača - Razvrstavanje po kakvoći - 3. dio: Jasen i javori (EN 1316-3:1997). Hardwood round timber - Qualitative classification – Part 3: Ash and maples and sycamore (EN 1316-3:1997).
16. HRN EN 1438:1999 Simboli za drvo i drvne proizvode (EN 1438:1998). Symbols for timber and wood-based products (EN 1438:1998).

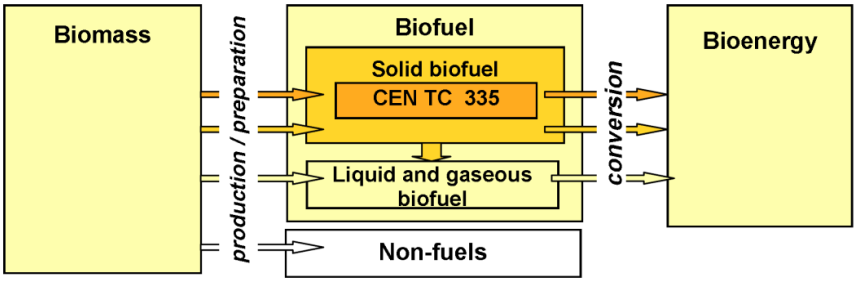
17. HRN EN 1927-1:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 1. dio: Smreke i jele (EN 1927-1:2008). Qualitative classification of softwood round timber - Part 1: Spruces and firs (ENV 1927-1:1998).
18. HRN EN 1927-2:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 2. dio: Borovi (EN 1927-2:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 2: Pines (EN 1927-2:1998).
19. HRN EN 1927-2:2008/Ispr.:2009 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 2. dio: Borovi (EN 1927-2:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 2: Pines (EN 1927-2:1998).
20. HRN ENV 1927-3:2008 Razvrstavanje po kakvoći oblog drva četinjača - 3. dio: Ariši i duglazije (ENV 1927-3:1998). Qualitative classification of softwood round timber - Part 3: Larches and douglas firs (ENV 1927-3:1998).
21. HRN EN 13145:2003 Oprema za željeznice - Željeznički gornji ustroj - Drveni pragovi i nosači (EN 13145:2001). Railway applications - Track - Wood sleepers and bearers (EN 13145:2001).
22. HRN EN 12479:2006 Drveni stupovi za nadzemne vodove - Dimenzije - Metode mjerenja i dopuštena odstupanja (EN 12479:2001). Wood poles for overhead lines - Sizes - Methods of measurement and permissible deviations (EN 12479:2001).
23. EN 14229:2010 Structural timber - Wood poles for overhead lines. Konstrukcijsko drvo - Drveni stupovi za nadzemne vodove.

3.1.2.1. Čvrsta biogoriva

U čvrsta biogoriva ubrajamo dijelove stabla koji se ne koriste kao tehnička oblovina za daljnju mehaničku preradu, nego se iz njih može proizvoditi drvna sječka, drvni iver, kratko i dugo cijepano i oblo drvo, drvni pelet i briket, te različiti drugi biljni ostatak. Primjenom novih tehnologija šumska biomasa (sitna granjevina i grmlje) može se i balirati, te se zatim u obliku biobala transportira do kogeneracijskog postrojenja ili do sabirno logističkog centra.

Tehničke specifikacije Europskog odbora za normizaciju (CEN/TS) za kruta biogoriva pripremljene su tijekom razdoblja od 2000. do 2006. godine i nakon toga ti su dokumenti unaprijeđeni u potpune norme. Većina tih europskih (EN) normi objavljena je u razdoblju između 2009. i 2012. godine. U Hrvatskoj se 2008. godine

osniva tehnički odbor (Čvrsta biogoriva HZN/TO 0-538) kroz tehničku upravu Hrvatskog zavoda za norme (HZN). Važno je za napomenuti da je 2011. godine osnovan i tehnički odbor (TO 238 Čvrsta biogoriva). Sve norme (ukupno ih ima 36) su do 2012. godine iz Europskog odbora za normizaciju (CEN/TC 335 Solid biofuels) prihvaćene kao hrvatske norme kroz tehničku upravu (TU N1) i dostupne su u normoteci Hrvatskog zavoda za norme (HZN). Na slici 10 grafički je prikazan normativni sustav za čvrsta biogoriva (HRN EN).



Slika 10. *Grafički prikaz normativnog sustava za čvrsta biogoriva (HRN EN)*
Izvor:
https://www.google.hr/search?q=normativni+sustav+za+cvrsta+biogoriva&biw=1920&bih=955&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimzsSJ5azNAhXhPZoKHfwNDrEQ_AUIBigB#imgrc=uitXjHjG6fF9kM%3A

Norme za čvrsta biogoriva (HZN TO 238, 2011.)

1. HRN EN 14588:2010 Čvrsta biogoriva - Nazivlje, definicije i opisi. Solid biofuels - Terminology, definitions and descriptions (EN 14588:2010).
2. HRN EN 14774-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 1. dio: Ukupna vlaga - Referentna metoda. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method (EN 14774-1:2009).
3. HRN EN 14774-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 2. dio: Ukupna vlaga - Pojednostavljena metoda. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method (EN 14774-2:2009).
4. HRN EN 14774-3:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje sadržaja vlage - Metoda sušionika - 3. dio: Vlaga u generalnoj analizi uzorka. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 3: Moisture in general analysis sample (EN 14774-3:2009)

5. HRN EN 14775:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanja udjela pepela. Solid biofuels - Determination of ash content (EN 14775:2009).
6. HRN EN 14778:2011 Čvrsta biogoriva - Uzorkovanje. Solid biofuels - Sampling (EN 14778:2011).
7. HRN EN 14780:2011 Čvrsta biogoriva - Priprema uzoraka. Solid biofuels - Sample preparation (EN 14780:2011).
8. HRN EN 14918:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje toplotne vrijednosti. Solid biofuels - Determination of calorific value (EN 14918:2009).
9. HRN EN 14961-1:2010 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 1. dio: Opći zahtjevi. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 1: General requirements (EN 14961-1:2010).
10. HRN EN 14961-2:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 2. dio: Drvni peleti za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 2: Wood pellets for non-industrial use (EN 14961-2:2011).
11. HRN EN 14961-3:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 3. dio: Drvni briketi za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 3: Wood briquettes for non-industrial use (EN 14961-3:2011).
12. HRN EN 14961-4:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 4. dio: Drvna sječka za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 4: Wood chips for non-industrial use (EN 14961-4:2011).
13. HRN EN 14961-5:2011 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 5. dio: Ogrijevno drvo za ne-industrijsku uporabu. Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 5: Firewood for non-industrial use (EN 14961-5:2011).
14. HRN EN 14961-6:2012 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 6. dio: Nedrvni peleti za neindustrijsku uporabu. (EN 14961-6:2012) Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 6: Non-woody pellets for non-industrial use (EN 14961-6:2012).
15. HRN EN 15103:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje nasipne gustoće. Solid biofuels - Determination of bulk density (EN 15103:2009).
16. HRN EN 15104:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje ukupnog udjela ugljika, vodika i dušika - Instrumentne metode. Solid biofuels - Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen - Instrumental methods (EN 15104:2011).

17. HRN EN 15105:2011 Čvrsta biogoriva - Solid biofuels - Određivanje udjela otopljenih klorida, natrija i kalija. Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content (EN 15105:2011).
18. HRN EN 15148:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje udjela hlapljive tvari. Solid biofuels - Determination of the content of volatile matter (EN 15148:2009).
19. HRN EN 15149-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskog sastava - 1. dio: Oscilacijsko prosijavanja upotrebom sita promjera 1 mm i više. Solid biofuels - Determination of particle size distribution - Part 1: Oscillating screen method using sieve apertures of 1 mm and above (EN 15149-1:2010).
20. HRN EN 15149-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskog sastava - 2. dio: Vibracijsko prosijavanja upotrebom sita promjera 3,15 mm i više. Solid biofuels - Determination of particle size distribution - Part 2: Vibrating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below (EN 15149-2:2010).
21. HRN EN 15150:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje gustoće čestica. Solid biofuels - Determination of particle density (EN 15150:2011).
22. HRN EN 15210-1:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje mehaničke izdržljivosti peleta i briketa - 1. dio: Peleti. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 1: Pellets (EN 15210-1:2009).
23. HRN EN 15210-2:2010 Čvrsta biogoriva - Određivanje mehaničke izdržljivosti peleta i briketa - 2. dio: Briketi. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 2: Briquettes (EN 15210-2:2010).
24. HRN EN 15234-1:2011 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 1. dio: Opći zahtjevi. Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 1: General requirements (EN 15234-1:2011).
25. HRN EN 15234-2:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 2. dio: Drvni peleti za neindustrijsku uporabu (EN 15234-2:2012). Solid biofuels -- Fuel quality assurance - Part 2: Wood pellets for non-industrial use (EN 15234- 2:2012).
26. HRN EN 15234-3:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 3. dio: Drvni briketi za neindustrijsku uporabu (EN 15234-3:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 3: Wood briquettes for non-industrial use (EN 15234-3:2012).
27. HRN EN 15234-4:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 4. dio: Drvna sječka za neindustrijsku uporabu (EN 15234-4:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 4: Wood chips for non-industrial use (EN 15234- 4:2012).

28. HRN EN 15234-5:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 5. dio: Ogrjevno drvo za neindustrijsku uporabu (EN 15234-5:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 5: Firewood for non-industrial use (EN 15234- 5:2012).
29. HRN EN 15234-6:2012 Čvrsta biogoriva - Jamstvo kvalitete goriva - 6. dio: Nedrvni peleti za neindustrijsku uporabu (EN 15234-6:2012). Solid biofuels - Fuel quality assurance - Part 6: Non-woody pellets for non-industrial use (EN 15234-6:2012).
30. HRN EN 15289:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje ukupnog udjela sumpora i klora. Solid biofuels - Determination of total content of sulfur and chlorine (EN 15289:2011).
31. HRN EN 15290:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje glavnih elemenata - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na i Ti. Solid biofuels - Determination of major elements - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na and Ti (EN 15290:2011).
32. HRN EN 15296:2011 Čvrsta biogoriva - Pretvorba analitičkih rezultata iz jedne osnove u drugu. Solid biofuels - Conversion of analytical results from one basis to another (EN 15296:2011).
33. HRN EN 15297:2011 Čvrsta biogoriva - Određivanje elemenata u tragovima - As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V i Zn. Solid biofuels - Determination of minor elements - As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V and Zn (EN 15297:2011).
34. HRI CEN/TR 15569:2010 Čvrsta biogoriva - Vodič za sustav osiguranja kvalitete. Solid biofuels - A guide for a quality assurance system (CEN/TR 15569:2009).
35. HRN EN 16126:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje granulometrijskoga sastava raspadnutih peleta (EN 16126:2012). Solid biofuels - Determination of particle size distribution of disintegrated pellets (EN 16126:2012).
36. HRN EN 16127:2012 Čvrsta biogoriva - Određivanje duljine i promjera peleta (EN 16127:2012). Solid biofuels - Determination of length and diameter for pellets (EN 16127:2012).

3.2. Tehnologije izrade ogrjevnog drva

U današnje vrijeme kod samog načina izrade ogrjevnog drva postoji veliki broj tehnologija. Zavisno od toga na kojem se mjestu, odnosno u kakvim se uvjetima izrađuje ogrjevno drvo, takva je i tehnologija. U sljedećim ćemo se poglavljima pobliže upoznati sa samom tehnologijom izrade ogrjevnog drva, počevši od samoizrade na sječini jednostavnim alatima, pa sve do mehanizirane izrade u postrojenjima.

3.2.1. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja

Poznato je da je ručni način cijepanja drva najstariji način pridobivanja ogrjevnog drva, koji se oslanja na ljudsku snagu. U prošlosti je takav način izrade ogrjevnog drva uz razna pomagala (npr. sjekire, različiti ručni cjepači, itd.) bio i jedini način, budući da u to vrijeme mehanizirani način izrade ogrjevnog drva kraj panja još uvijek nije bio dovoljno uznapredovao da bi se mogao primijeniti. Što se tiče samog ulaganja u opremu, takav način izrade ogrjevnog drva cjenovno je puno jeftiniji od mehaniziranog načina, ali je i višestruko sporiji.

3.2.1.1. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva

Sjekira

Povijesno gledano sjekira je jedan od prvih alata koji je istodobno korišten kao oružje i kao alat za cijepanje, odnosno izradu ogrjevnog drva (slika 11). Prve sjekire bile su od kamena, a njihov razvoj se poboljšavao pronalascima bakra, bronce i željeza. U današnje vrijeme koriste se sjekire s oštricom od čelika. Namjena sjekire je da razdvaja (cijepa) drvo na dva dijela pomoću oštrice na koju je vršen pritisak. Sastoji od metalnog dijela (glave) i drške koja može biti izrađena od različitih materijala. Metalni dio je uglavnom izrađen od ugljičnog čelika, dok je drška najčešće izrađena od tvrdih vrsta drva (jasen, grab, bukva) ili od trajnih sintetskih materijala. Kod najnovijih modela sjekira drške su izrađene od karbonskih vlakana, što nam omoguće znatno lakše cijepanje drva, odnosno iziskuje manje snage prilikom samog cijepanja.

Slika 11. *Sjekira*
Izvor: *http://www.maxalati.com/web_shop/vrtni_alati/sjekira_velika.aspx*

Ručni cjepač s kliznim kladivom

Kod ručnog cjepača s kliznim kladivom, klin (oštrica) je pričvršćen na dršku zajedno s kladivom (slika 12). Prilikom cijepanja s određene visine na klin se pušta kladivo, koje zatim pod pritiskom klin zabija u drvo i cijepa ga. Dobar je izbor za cijepanje četinjača i drva manjeg promjera. Prednost ovakvog ručnog cjepača je njegova mala težina, jednostavnost u radu, cijena, te sigurnost pri radu.

Slika 12. *Ručni cjepač s kliznim kladivom*
Izvor: *http://www.tlbox.com/wp-content/uploads/2013/08/Anaconda-878-Slide-Hammer-Manual-Log-Splitter.jpg*

Bat za cijepanje

Bat za cijepanje je alat koji svojim izgledom podsjeća na sjekiru (slika 13). Sastoji se od dugačke drške i metalnog dijela (glave) s čije se jedne strane nalazi malj, a s druge oštrica kakvu ima i sjekira. Metalni dio (glava) ima oblik klina i teži oko 4 kg. Drška se također kao i kod sjekire može izraditi od različitih materijala. Najčešće se izrađuje od tvrdih vrsta drva, plastike i u novije vrijeme od karbonskih vlakana. Njegova namjena je kao i od sjekire da razdvaja (cijepa) drvo na dva dijela pomoću oštrice na koju je vršen pritisak. Razlika u odnosu na sjekiru je u tome, što s njime na neki način možemo efikasnije cijepati, budući da na sebi ima malj, po kojemu možemo udarati tijekom cijepanja. Nedostatak bata za cijepanje je njegova velika težina, što nam uvelike otežava cijepanje s njim.

Slika 13. *Bat za cijepanje*
Izvor: *https://www.ceneje.si/Izdelek/2092822/dom-in-vrt/vrtna-in-delovna-oprema-ter-naprave/rocno-orodje/jeklo-ruse-cepilni-bat-plus-25-kg*

Motorna lančana pila

Motorna lančana pila drugim riječima prijenosna mehanička pila je uređaj koji služi za rezanje, obrezivanje i rušenje drveća (slika 14). Sastoji se od motora, vodilice i lanca. Rezanje se vrši pomoću lanca s zubima koji se nalazi na vodilici. Kao što je već i navedeno motorna pila ima široku primjenu kod rezanja drva, a naročito kod izrade ogrjevnog drva.

Slika 14. *Motorna pila*
Izvor: *https://www.nabava.net/pile__3890/stihl-motorna-pila-ms271__6042121*

Ručni hidraulični cjepač

Ručni hidraulični cjepač je uređaj pomoću kojeg se putem hidraulike ručno cijepaju drva (slika 15). Njime se upravlja na sličan način kao i dizalicom. Pomoću ručke koju guramo naprijed – nazad potiskujemo hidraulički cilindar koji zatim gura drvo na oštricu i na taj način ga razdvaja odnosno cijepa. Takav hidraulični cjepač koji radi na ručnom principu nije efikasan i brz kao klasični hidraulični cjepač s motorom, ali je zato mnogo lakši i jeftiniji od njega. Odličan je za domaćinstva koja nemaju za cijepati neku veliku količinu drva.

Slika 15. *Ručni hidraulični cjepač*
Izvor: *http://bestlogsplitter.com/best-manual-log-splitter/*

3.2.2. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom

Kod izrade ogrjevnog drva na sječini uglavnom se koriste strojevi, odnosno cjepači koji su priključeni na traktore. U ovome slučaju traktorska vratila stvaraju prijenos preko kojega je zatim tim strojevima omogućeno cijepanje drva. Takav način cjepanja drva je puno brži i efikasniji od ručnog načina, a samim time i nešto skuplji.

Cjepač na trn (svrdlo)

Cijepanje drva na trn odvija se pomoću traktora i cjepača koji je na njega priključen (slika 16). Cijepanje oblog ogrjevnog drva odnosno oblice metrice ovakvim načinom je vrlo česta pojava. Cjepač (svrdlo) ostvaruje pogon preko traktorskog vratila. Kada svrdlo postigne određenu brzinu na njega se u okomitom položaju položi oblo drvo, koje zatim puca pod pritiskom svrdla koje je ušlo u njega. Na taj način ostvaruje se dakle cijepanje drva. Ovakav način cijepanja drva može biti vrlo efikasan ukoliko se cijepa ogrjevno drvo manjeg promjera koje je ravne žice i bez kvrga.

Slika 16. *Cjepač na trn (svrdlo)*
Izvor: *https://www.trgo-agencija.hr/cjepac-drva-traktorski-kralj-kocijan.aspx*

Hidraulični cjepač

Jedan od najčešćih načina izrade ogrjevnog drva je pomoću hidrauličnog cjepača (slika 17). Njime se mogu vrlo lako cijepati velike količine ogrjevnog drva duljine do 1 m. Njegova velika prednost je u tome što se njime mogu cijepati četinjače i listače, te drvo koje sadrži kvrge. Primjerice kod ručnog načina cijepanja drva koje sadrži kvrge obično nastaju problemi. Hidraulični cjepač najčešće se pokreće pomoću traktora na kojeg je priključen, međutim može se pokretati i pomoću električnog, benzinskog, te dizel motora. Cijepanje se odvija na način da traktorsko vratilo ili motor pokreće pumpu na cjepaču, pomoću koje se zatim pokreće hidraulični cilindar koji na sebi ima oštricu (sjekiru) pomoću koje pod pritiskom cijepa drvo. Može se cijepati u vertikalnom i horizontalnom smjeru, zavisno od toga kakvog je drvo promjera. Najčešće se cijepanje vrši okomito na drvo odnosno u vertikalnom smjeru jer je takav način cijepanja jednostavniji i brži. U horizontalnom smjeru cijepaju se uglavnom trupci koji su većih promjera, razlog tome je taj da nam je njih teže okomito podići na cjepač.

Slika 17. *Hidraulični cjepač (pogon preko traktora)*
Izvor: *http://uniforest.si/proizvodi/cepilniki/60/kardan_cd/*

3.2.3. Mehanizirana izrada u postrojenju

Mehanizirana izrada ogrjevnog drva u postrojenjima je najviši stupanj izrade ogrjevnog drva. Ogrjevno drvo se u takvo postrojenje obično dostavlja u obliku višemetrice (VMO), te se u njemu vrši cjelokupni proces izrade. Količinski gledano takva izrada ogrjevnog drva je najbrža, ali i najskuplja jer su nam potrebni visoko mehanizirani strojevi koji su izrazito skupi.

3.2.3.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u postrojenju – primjer 1

U pogonu tvrtke u kojoj su provedena potrebna mjerenja za istraživanje na uzorcima oblog ogrjevnog drva (oblice metrice) obične bukve, izrađuje se još i ogrjevno drvo u obliku kratke cjepanice i cjepanice metrice. Drvni sortimenti, odnosno višemetarsko ogrjevno drvo se nakon sječe u šumi kamionima transportira na stovarište tvrtke. Nakon istovara sirovine, jedan dio višemetrice se pohranjuje u međuskladišni prostor, dok drugi dio ostaje na stovarištu i spremno je za prikračivanje na duljinu od jednog metra (slika 18).

Slika 18. *Stovarište višemetrice i njezino prikračivanje motornom lančanom pilom na metricu*

Prednost takve izrade ogrjevnog drva je u tome što nam nije potreban veliki proizvodni prostor, cjelokupni proizvodni proces odvija se na stovarištu, a potreban nam je i mali broj radnika. Prikračivanje višemetrice na duljinu od jednog metra (metrica) vrši se motornim lančanim pilama. Nakon prikračivanja dobivena oblica metrica se cijepa pomoću horizontalnog hidrauličnog cjepača. Proces cijepanja je vrlo jednostavan, cijepanje se vrši pomoću hidrauličnog cilindra koji drvo gura pod

pritiskom na oštricu koja može imati 4, 6 ili 8 krakova, ovisno od toga koliko sitno želimo cijepati (slika 19). Cjepač se prilagođava prema zadanim dimenzijama drva, međutim dužina ogrjevnog drva koje se cijepa ne smije iznositi preko 120 cm.

Slika 19. *Cijepanje metrice horizontalnim hidrauličnim cjepačem*

Završetkom cijepanja određena količina cjepanice metrice koja se dostavlja kupcima ide na međufazno skladištenje (slika 20), dok se ostatak cjepanica pomoću tračnih pila prekraja na duljinu prema zahtjevima kupaca (najčešće su to duljine od 25, 33 i 50 cm).

Slika 20. *Međufazno skladištenje cjepanica*

Nakon prekrajanja dobivene kratke cjepanice se slažu i skladište na palete koje su dimenzija 1 m x 1 m x 1,80 m (slika 21).

Slika 21. *Prekrajanje metrice tračnom pilom na zadanu duljinu i slaganje u paletu (lijevo), složena paleta kratkih cjepanica (desno)*

Gotove složene palete na kraju se utovarivačem prenose na dio stovarišta s gotovim proizvodima, gdje čekaju na utovar i otpremu krajnjim kupcima (slika 22).

Slika 22. *Utovar paleta i otprema krajnjim kupcima*

3.2.3.2. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u postrojenju – primjer 2

Doprema i prihvat sirovine za izradu ogrjevnog drva

Višemetarsko ogrjevno drvo kupuje se od državnih tvrtki koje gospodare šumama, pa sve do privatnih šumskih veleposjednika i trgovaca drvnom sirovinom. Nakon što se na sječini izvrši prikračivanje višemetrice na duljinu od 3 m, ona je spremna za utovar. Kamionima se dostavlja na stovarište tvornice, gdje se nakon istovara odmah obavlja njena izmjera (slika 23).

Slika 23. *Doprema sirovine (drvne mase) za izradu ogrjevnog drva*
Izvor: *http://www.utolicasisak.hr/prijevoz-i-prodaja-drveta.aspx*

Piljenje i cijepanje ogrjevnog drva

Nakon obavljene izmjere višemetrica je spremna za postupak piljenja i cijepanja na multifunkcionalnom stroju za piljenje i cijepanje ogrjevnog drva. To je stroj koji je dizajniran za piljenje i cijepanje ogrjevnog drva s minimalnom potrebom za ručnim rukovanjem drvom (slika 24). Proces izrade ogrjevnog drva započinje sa složajem ogrjevnog drva višemetrice, koji se najprije ako je potrebno prikračuje na duljinu od 3 m. Nakon toga oblice se utovarivačem prebacuju na postolje s kojeg se mehanički povlače prema kružnoj pili velikoga promjera, koja ih zatim kroji na duljinu od oko 30 cm. Prikračena oblica se transportira do hidrauličkog cjepača gdje se cijepa na nekoliko dijelova (2, 4 ili 8), zavisno od njenog promjera. Završetkom cijepanja izrađene kratke cjepanice se u produžetku stroja transporterom

(elevatorom) prebacuju na zajedničku hrpu ili se pohranjuju u specijalne metalne kontejnere u kojima kasnije ulaze u komore za sušenje. Takvi specijalni metalni kontejneri posebno su tretirani protiv korozije. Kapacitet jednog takvog stroja za izradu ogrjevnog dva ovisi o njegovoj veličini, dok mu je jedini nedostatak njegova visoka cijena.

Slika 24. *Multifunkcionalni stroj za piljenje i cijepanje ogrjevnog drva*
Izvor: *http://www.multitekinc.com/products/firewood-processors/2020*
https://www.youtube.com/watch?v=rA_fU5sACp4

Sušenje ogrjevnog drva

Poznato je da sirovo ogrjevno drvo ima više od 50 % sadržaja vode u sebi. Smatra se suhim za loženje tek nakon što mu se sadržaj vode spusti na 20 %. Može se sušiti prirodnim putem koje traje 1 do 2 godine ili umjetnim putem u komorama za sušenje koje traje nekoliko dana. Izrađene kratke cjepanice se u specijalnim metalnim kontejnerima transportiraju u komore za sušenje. Proces sušenja (slika 25) kao što je već i spomenuto traje nekoliko dana na temperaturi preko 70 °C, te se prati preciznim digitalnim uređajima za provjeravanje temperature i relativne vlage zraka. Zagrijavanje komore postiže se pomoću vruće vode iz bojlera, dok se bojler zagrijava pomoću proizvodnih ostataka, odnosno drvne sječke. Jedini razlog zbog kojeg se komora zagrijava vrućom vodom je kako bi se izbjegao rizik od nastanka požara. Cjelokupni proces takvog načina sušenja je automatiziran. Završetkom sušenja ogrjevno drvo je automatski zaštićeno od plijesni i insekata.

Pakiranje i skladištenje ogrjevnog drva

Nakon završetka sušenja ogrjevno drvo se sortira prema kvaliteti, te se pakira i skladišti. Najčešće se slaže na palete ili se pakira u kartonske kutije, te plastične ili mrežaste vreće. Prilikom pakiranja koriste se posebni uređaji pomoću kojih se vrši sortiranje ogrjevnog drva prema kvaliteti, time se automatski postiže i veća brzina pakiranja. Tako zapakirano ogrjevno drvo na kraju se odlaže na euro palete, omotava se plastičnom mrežom, te se skladišti u skladišni prostor tvornice (slika 25).

Slika 25. *Sušenje i skladištenje zapakiranog ogrjevnog drva*
Izvor: *http://www.lifirewood.com/kiln-dried-firewood.php*
http://dizmezs.lv/en/products/firewood

3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva

Poznato je da su šume obnovljivi, ali dugotrajnom obnovom ograničeni resurs. Pravilnim gospodarenjem šuma dobivamo nepresušni izvor drvne mase. Kod njihovog samog iskorištavanja važno je da se iz stabala koje smo posjekli ostvari najveća moguća vrijednost, uz što je moguće manje troškove. Odabir stabala za sječu nikada nije slučajan, nego se temelji na pravilima i načelima koja proizlaze iz pravilnika o uzgoju i gospodarenju šumama. Kod planiranja sječa i vrijednosti etata, ali i za ocjenu učinkovitosti procesa iskorištavanja šuma, te usporedbu poslovanja pojedinih dijelova poduzeća, nužne su pouzdane i upotrebljive sortimentne tablice, odnosno tablice šumskih drvnih sortimenata. Pod ogrjevnim drvom podrazumijevaju se drvni sortimenti (metrica i višemetrica) ogrjevnog, celuloznog i drva za drvene ploče do najmanjeg promjera s korom od 7 cm (Prka, 2009).

Izrada ogrjevnog drva ovisi o količini drvne mase kojom raspolažemo. Jednostavno rečeno, poželjno je da raspolažemo sa što većom količinom drvne mase koju ćemo iskoristiti za izradu ogrjevnog drva, odnosno u ovome slučaju da imamo što je moguće manje tehnički vrijednog drva.

Poroznost je vrlo bitno fizikalno svojstvo drva (Horvat, 1959), drugim riječima ukupni volumen drva nije ispunjen drvnom tvari, nego je ispunjen porama i drvnim stjenkama u kojima su otopljene razne mineralne tvari. Za vrijeme života stabla preko pora se odvijaju procesi koji su vrlo bitni za rast, prirast i razvoj stabla, dok nakon sječe stabla u njemu prestaje funkcija provodnje i iz njega se do određene granice izlučuje voda. Što je veći udio vode u drvu, to je težina sirovog drva veća. U drvu imamo slobodnu i vezanu vodu, a granica između njih se naziva točka zasićenosti vlakanaca. Slobodna voda nalazi se u porama i šupljinama stanica, te se vrlo lako može odstraniti iz drva, dok se vezana voda nalazi u stjenkama stanica i iz drva se odstranjuje fizikalnim putem. Vezana voda se unutar stanične stjenke dalje dijeli na površinski vezanu vodu i kapilarno kondenziranu vodu. Ovisno o sadržaju vode u drvu razlikujemo provelo, prosušeno i suho drvo. U provelom drvu, drvo je izgubilo svu svoju slobodnu vodu i u njemu se nalazi samo vezana voda, odnosno sadržaj vode se kreće oko točke zasićenosti vlakanaca između 22 – 40 %. Kod prosušenog drva, drvo je osim slobodne vode izgubilo i dio vezane vode, odnosno u ovome slučaju sadržaj vode se kreće ispod točke zasićenosti vlakanaca. Prosušeno drvo se dijeli na „zrakosuho“ i „sobosuho“ drvo. U „zrakosuhom“ drvu sadržaj vode se kreće između 12 – 18 %, dok je kod sobosuhog drva između 8 – 12 %. Kod suhog drva, drvo je na umjetan način osušeno do konstantne mase, na konačni sadržaj vode od oko 0 %. Sama prosušenost drva oscilira oko higroskopske ravnoteže (ovisno o vanjskim uvjetima i relativnoj vlazi zraka), odnosno ovisi o adsorpciji i desorpciji vode. Procesi adsorpcije i desorpcije u drvu mijenjaju se s obzirom na vanjske uvjete, pa samim time možemo zaključiti da je gustoća drva promjenjiva veličina.

Kretanje vode u drvu, odnosno difuzija je najveća u smjeru vlakanaca (longitudinalnom), dok je okomito na smjer vlakanaca (radijalnom i tangencijalnom) znatno manja. U smjeru vlakanca difuzija je 10 do 15 puta veća u odnosu na okomit smjer vlakanaca. Prilikom prirodnog sušenja prostornog drva gubi se i dio vode koja je sadržana u kori, što je u konačnici vrlo bitno s aspekta komercijalnog poslovanja, budući da se prostorno drvo isporučuje volumno i težinski s korom. S poroznošću drva, gustoća drva je u obrnutom razmjeru, odnosno što je veća gustoća drva, to je

manji volumen pora i obratno. Na gustoću osim vrste drva znatno utječe i građa drva, dio stabla, stanište, tip šume, položaj u sastojini, starost stabla, kemijski sastav, širina goda, rano i kasno drvo, debljina kore i dr. Svrha određivanja gustoće drva u odnosu na vrijeme prirodnog sušenja prostornog drva je zapravo povezivanje njihove volumne i težinske mjere. Između sječe, izrade i prodaje ogrjevnog drva može proći dosta vremena, te za to vrijeme mogu nastati gubici od usuha.

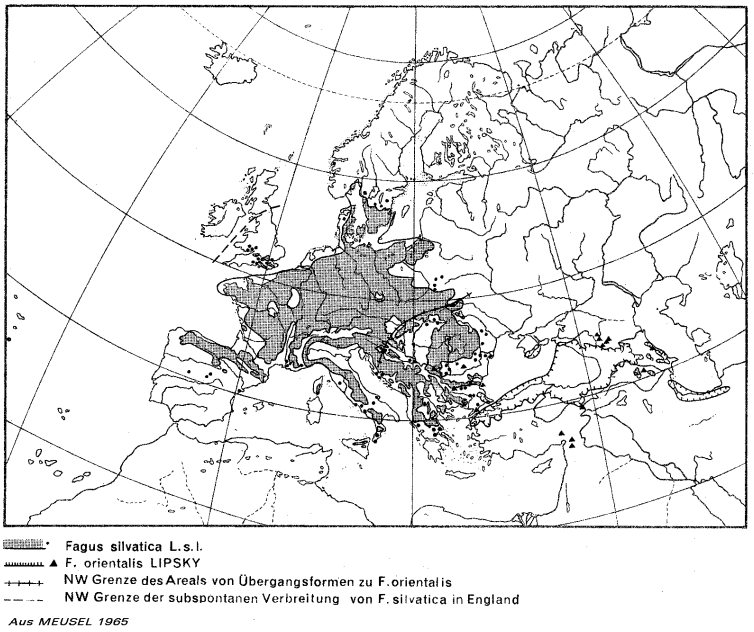
Zelić i Međugorac proveli su istraživanje s kojime su htjeli ukazati na to da tijekom prirodnog sušenja ogrjevnog drva vanjski uvjeti mogu značajno usporiti, ali i ubrzati tijek prirodnog sušenja drva. Istraživanje su proveli na 5 domaćih (autohtonih) vrsta drva (bukva, hrast kitnjak, breza, grab i bijela topola) oblog prostornog drva u dužinama od 20, 100 i 200 cm, promjera između 15 i 20 cm. Uzorcima je masa bila izmjerena pomoću elektronske vage, dok im je volumen izračunat stereometrijski. Ritam vaganja bio je svakih 7 dana, s time da je prvo vaganje obavljeno odmah nakon sječe i izrade uzoraka. Mjerenjem je bilo zahvaćeno razdoblje zime, proljeća i ljeta, odnosno cijeli proces je trajao 140 dana. Utvrđeno je da vanjski uvjeti znatno usporavaju, zaustavljaju i pospješuju tijek prirodnog sušenja drva. Uzorci su prirodnim sušenjem izgubili dio vode, te su postali lakši za manipulaciju, utovar i prijevoz. Potvrđeno je da postoji signifikantna razlika u brzini prirodnog sušenja između uzoraka hrasta kitnjaka i breze u dužinama od 20 i 200 cm. Vjerojatan uzrok tome je utjecaj debljine i boje kore navedenih vrsta drva na prirodni tijek sušenja. Kod hrasta kitnjaka kora djeluje kao toplinski izolator, te kod kraćih uzoraka brže dolazi do isušivanja u longitudinalnom smjeru nego radijalno-tangencijalnom smjeru, dok kod breze osim longitudinalnog smjera, znatan utjecaj može imati bijela boja kore koja usporava provođenje toplinskog zračenja, odnosno usporava proces prirodnog sušenja.

Prema rezultatima istraživanja, gustoća drva za bukove sortimente duljine 100 cm kretala se u rasponu od 1048,18 kg/m^3 u sirovom stanju do 773,36 kg/m^3 u prosušenom stanju, dok se je kod duljine od 200 cm kretala u rasponu od 1079,67 kg/m^3 u sirovom stanju do 889,14 kg/m^3 u prosušenom stanju. Gubljenje na gustoći do stupnja prosušenosti različito je po vrsti drva i dužini uzorka. Najsporije gubljenje na gustoći je evidentirano kod hrasta kitnjaka, dok je najbrže kod bijele topole. Za višemetricu, odnosno za ogrjevno drvo iznad 200 cm, trend gubljenja gustoće je uvjetno istovjetan kao i za drvne sortimente od 200 cm (Zelić i Međugorac, 2001).

4. Objekt i metode istraživanja

4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve

Iz porodice *Fagaceae* dolazi nam drvo trgovačkog naziva obična ili europska bukva, koja pripada botaničkoj vrsti *Fagus sylvatica* L.. Neki od stranih naziva za običnu bukvu su: Faggio (Italija), Beech (Velika Britanija i SAD), Gemeine Buche, Buche (Njemačka), Hętre (Francuska). Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) je bjelogorično drvo, te je jedina vrsta drveća u Europi koja se javlja prirodno na nadmorskim visinama od 100 m pa sve do 2000 m.



Slika 26. *Rasprostranjenost obične bukve u Europi*
Izvor: *http://www6.fh-eberswalde.de/forst/aoek/3wald/04buche/buche.htm*

Po gospodarskim, površinskim i ostalim vrijednostima zauzima dominantno mjesto, te je jedna od najznačajnijih i najrasprostranjenijih vrsta drveća u Europi. Najviše je rasprostranjena u južnom i središnjem dijelu Europe, te nešto malo manje u njezinom zapadnom dijelu (slika 26). Ekološki gledano šume takvog tipa su od velikog značaja za Europu i šire, te je njihova vrijednost neprocjenjiva. Najrasprostranjenija je vrsta drva u Hrvatskoj, gdje zauzima oko polovine šumske površine u mješovitim sastojinama. Kod nas ju nalazimo u svim vegetativnim kontinentalnim pojasevima u rasponu od 100 do 1500 m. U brežuljkastom pojasu obična bukva raste u sastojinama s hrastom kitnjakom, običnim grabom i pitomim

kestenom, a u nizinskom pojasu u sastojinama s hrastom lužnjakom i običnim grabom. Odgovara joj umjereno topla klima s dosta oborina. U Hrvatskoj je najrasprostranjenija na sjevernim padinama planina, ali uspijeva i na južnim i zapadnim stranama, odnosno na rubu submediteranskog područja gdje su oborine također vrlo obline zbog veće nadmorske visine. Na slici 27 prikazan je izgled bukove šume.

Slika 27. *Bukova šuma*

Gledano s aspekta anatomije obična bukva je izgrađena od drvnih vlakanaca, članaka traheja, te aksijalnog i radijalnog parenhima. Tipična je difuzno porozna vrsta drva. Ima libriformska drvna vlakanca. Unutar godova pojedinačno su raspoređeni cjevasti članci traheja, koji su u malim skupinama i kratkim radijalnim nizovima. Homocelularne, jednoredne i višeredne drvne trakove izgrađuje radijalni parenhim. Kod bukovine staničje trakova čini u prosjeku 18 % njezinog obujma. Veći udio drvnih trakova rezultira manjim omjerom njihove visine i širine. Višeredni drvni traci su jako dobro vidljivi običnim okom na svim presjecima drva, a razlog tome je taj što im je visina 1,5 mm, a širina 0,125 mm. Udio aksijalnog parenhima u građi domaće bukve je malobrojan, a samim time i zanemariv. Udio drvnih trakova i drvnih vlakanaca u deblu se stalno smanjuje i to od srčike prema kori, dok udio članaka traheje stalno raste. Rastom debljine staničnih stijenki drvnih vlakanaca od srčike prema kori raste

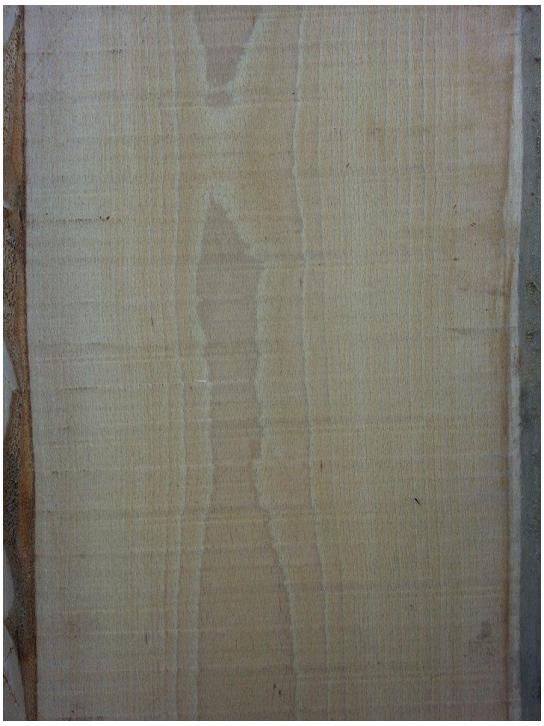
i promjer drvnih vlakanaca, odnosno zbog toga se u drvnim vlakancima udio stijenki stanica vrlo malo mijenja.

Stablo obične bukve je ukupne visine do 40 m od koje na ravno *deblo* otpada 15 do 20 m (slika 28). Srednji promjer joj je između 0,9 do 1 m. Kod mlađih stabala *krošnja* je stožasta, dok kasnije s vremenom postaje metlasta. Odlikuje se jakim granama koje rastu pod kutom nešto malo većim od 45°. Kod mlade bukve *kora* je glatka, sjajna, tamno maslinasto zelene do sivo smeđe boje; dok je kod starih stabala prekrivena lišajevima, sedefastog sjaja i srebrnasto sive boje.

Slika 28. *Stablo obične bukve (lijevo), lišće i plod obične bukve (desno)*

Drvo obične bukve može biti bjelkaste do blijedo smeđe boje, dok stajanjem na zraku potamni i dobije laganu crvenkasto smeđu boju (slika 29). Kod nekih stabala (vrlo često) moguća je pojava fakultativno obojene srži s tamnim prugama, odnosno u stablu dolazi do obojenja njegovog središnjeg dijela koje postaje tamnije. Pojava fakultativno obojene srži naziva se još crveno srce, neprava srž ili kern bukve. Drvni traci su široki i vidljivi bez povećala. Radijalnom presjeku daju svilenkasti sjaj, dok na tangentnom i poprečnom presjeku zauzimaju 1/10 površine. Godovi su vidljivi na poprečnom presjeku, te su fine strukture. Prosječna širina goda je 1,03 mm, odnosno ona varira od 0,05 do 11,8 mm. Širina goda bukova drva ovisi o lokalitetu, primjerice povećanjem nadmorske visine širina goda se smanjuje. Prosječni sadržaj vode u živom stablu je 110 %, odnosno kreće se u rasponu od 70 % do 140 %. Promatrajući ga u radijalnom smjeru, raste od srčike prema kori. Na temelju podataka dobivenih

istraživanjem kod drva obične bukve vidljive su velike varijabilnosti i prisutan je značajan utjecaj nadmorske visine na srednje vrijednosti mehaničkih i fizikalnih svojstava. Vrijednosti mehaničkih i fizikalnih svojstava drva obične bukve prikazane su u tablici 12.



Slika 29. *Drvo obične bukve*

Drvo obične bukve je odlično za obradu. Obrađuje se strojno ili ručno. Pogodno je za tokarenje, kod izrade furnira dobro se ljušti, lijepi se bez problema. Bukovinu možemo obojiti raznim lazurama, tako da nakon toga izgledom odgovara nekoj drugoj vrsti drva (npr. hrastovina). Kod sušenja drvo obične bukve se može prilično brzo osušiti. Prilikom samog sušenja utezanje je veliko, a velika je i mogućnost nastajanja grešaka, odnosno može doći do vitoperenja i pucanja. Nakon obrade parenjem dobro se savija, mogu se saviti čak i komadi koji imaju kvrge, odnosno oni koji su nepravilne građe. Glavni tehnološki problem bukovine je njezina velika dimenzionalna nestabilnost.

Tablica 12. *Vrijednosti fizikalnih i mehaničkih svojstava drva obične bukve*

Bukva (*Fagus Sylvatica* L.)					
Fizička svojstva			**Mehanička svojstva**		
Gustoća (kg/m^3)	standardno suhog drva (ρ_0)	490...680...880	**Čvrstoća (MPa)**	na tlak	41...62...99
	prosušenog drva (ρ_{12-15})	540...720...910		na vlak, II s vlakancima	57...135...180
	sirovog drva (ρ_s)	820...1070...1270		na vlak, ⊥ na vlakanca	
	nominalna (ρ_n)	560		na savijanje	74...123...210
Poroznost (%)		oko 55		na smicanje	8...9,5
Utezanje (%)	radijalno (β_r)	oko 5,8	**Tvrdoća po Janki (MPa)**	II s vlakancima	oko 83
	tangentno (β_t)	oko 11,8		⊥ na vlakanca	oko 65
	volumno (β_V)	14,0...17,9...21,0			
Točka zasićenosti vlakanaca (%)		32...35	**Modul elastičnosti (GPa)**		10...16...18

Izvor: *Drvno industrijski priručnik, 1967.*

Zaštita prirodnog drva obične bukve može se provoditi različitim postupcima impregnacije (pomoću kista, tlačnim postupcima, potapanjem u zaštitna sredstva, itd.). Kod impregnacije problem stvara jedino crveno srce (neprava srž), koje je u velikoj mjeri otporno na nju. Jedan od nedostataka bukovine je taj da joj nezaštićeno prirodno drvo nije otporno na napade gljiva uzročnica truleži, te ksilofagnih insekata. Zbog svojih vrlo dobrih tehnoloških i mehaničkih svojstava ima široki spektar primjene. Njezina upotreba najviše dolazi do izražaja u proizvodnji stolica, zatim u proizvodnji ljuštenog furnira, u industriji izrade savijenog namještaja, parketarstvu, tokarstvu, bačvarstvu, izradi ručki alata (dlijeto), izradi ploča od usitnjenog drva, sportske opreme, itd. Kada je adekvatno kemijski zaštićena možemo ju koristiti i na otvorenome za izradu različitih konstrukcija, u brodogradnji, za izradu željezničkih pragova, itd. Iako je na široko poznata kao ogrjevno drvo, obična bukva je također i celulozno drvo. Od listača je najzastupljenija vrsta drva u Europi.

4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje

Sirovina, odnosno oblo prostorno drvo u obliku višemetrice za izradu uzoraka kamionima je dopremljeno na stovarište tvrtke u kojoj je provedeno istraživanje (slika 30). Nakon istovara i uskladištenja na stovarištu, višemetrica je spremna za prikračivanje na duljinu od jednog metra. Prikračivanje takve oble višemetrice provedeno je motornim lančanim pilama (slika 31).

Slika 30. *Stovarište prostornog drva u obliku oble višemetrice*

Slika 31. *Prikračivanje oble višemetrice motornom lančanom pilom*

Nakon završenog procesa prikračivanja dobivenu oblicu metricu, odnosno uzorci za mjerenje složeni su u paletu dimenzija 1 m x 1 m x 1,80 m (slika 32). Tako složena paleta s oblicama utovarivačem je prenesena do mjesta na kojemu su dalje bila provedena potrebna mjerenja, odnosno na kojemu se je odvijalo prirodno sušenje.

Slika 32. *Složena paleta s uzorcima oblice metrice u postupku mjerenja*

4.3. Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka

Za potrebe istraživanja, odnosno kao objekt istraživanja u ovome diplomskom radu korišteno je oblo ogrjevno drvo (oblica metrica) tvrtke Sebastijan d.o.o. iz Grubišnog Polja, čija je izrada detaljno opisana u prethodnom poglavlju. Za potrebe ispitivanja odabrano je 17 komada oblica, koje su prije samog isptivanja označene s brojevima, te je nakon toga provedeno mjerenje mase, dimenzija i vlage u sirovom i prosušenom stanju. Prirodno sušenje oblice metrice izvedeno je na dobro provjetrenom dijelu stovarišta tvrtke Sebastijan d.o.o. Sušenje je trajalo u vremenskom periodu od 20. 3. 2015. do 12. 10. 2015. odnosno 6 mjeseci (207 dana). Tijekom razdoblja sušenja bilo je 137 sunčanih dana, 49 oblačnih dana, 20 kišnih dana, te 1 vjetroviti dan. Temperatura zraka kretala se je od 9 do 38 °C, a relativna vlaga zraka od 24 do 99 %. Na slici 33 prikazan je složaj palete oblice metrice za mjerenje u vlažnom i prosušenom stanju.

Slika 33. *Složaj palete oblice metrice za mjerenje u vlažnom stanju (lijevo) i prosušenom stanju (desno)*

4.3.1. Masa ogrjevnog drva

Masa ogrjevnog drva oblice mjerena je pomoću digitalne osobne vage (slika 34). Dobivena vrijednost izražena je u kilogramima, te je zaokružena na jedno decimalno mjesto. Prvo vaganje oblice obavljeno je odmah nakon njihove izrade tijekom mjeseca ožujka, a završno tijekom mjeseca listopada, nakon što su oblice prirodno sušene šest mjeseci na dobro provjetrenom mjestu na stovarištu. Bitno je napomenuti da je grupna izvaga palete s oblicama izvođena svakih tjedan dana zbog praćenja pada mase uslijed gubitka vlage.

Slika 34. *Mjerenje mase oblica na digitalnoj osobnoj vazi*

Postotni udio smanjenja mase oblica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 1 i 2.

$$aps_m = \left(\frac{m_s - m_p}{m_s} \right) * 100 \qquad \text{.....(1)}$$

$$rel_m = \left(\frac{m_s - m_p}{m_p} \right) * 100 \qquad \text{.....(2)}$$

aps_m – apsolutni postotni udio gubitka mase oblice, %

rel_m – relativni postotni udio gubitka mase oblice, %

m_s – masa sirove (vlažne) oblice, kg

m_p – masa prosušene oblice, kg

4.3.2. Volumen ogrjevnog drva

Volumen ogrjevnog drva oblice određen je pomoću dva načina, odnosno pomoću Huberovog izraza i volumetrijske metode. Za izračunavanje volumena prema Huberovom izrazu potrebna nam je duljina i promjer oblice. Budući da se radi o ogrjevnom drvu oblice metrice duljina nam je poznata, međutim zbog što veće točnosti prilikom samog izračuna volumena ponovno je mjerena. Duljina je dakle mjerena pomoću običnog metra (slika 35). Dobivena vrijednost izražena je u metrima, te je zaokružena na dva decimalna mjesta. Promjer je mjeren na sredini oblice pomoću pomičnog mjerila za mjerenje promjera trupca (slika 35). Dobivena vrijednost izražena je u centimetrima, te je zaokružena na jedno decimalno mjesto.

Slika 35. *Mjerenje duljine i promjera oblice*

Nakon prikupljenih podataka volumen prema Huberu je izračunat prema izrazu 3.

$$V_o = \left(\frac{D_s^{\,2} * \pi}{4} \right) * L \qquad \text{.....(3)}$$

V_o – volumen oblice, m^3

D_s – srednja vrijednost promjera oblice na sredini duljine s korom, m

L – duljina oblice, m

Kod određivanja volumena volumetrijskom metodom potrebno je odrediti stupac razlike razine vode, koji nam je kasnije potreban kod samog izračuna. Za volumetriranje je korištena kada dužine 1,205 m i širine 0,50 m. Mjerenje je obavljeno na način da je prvo izmjerena razina vode u praznoj kadi bez oblica, nakon čega je oblica uronjena u kadu, te je očitana razina vode s uronjenom oblicom (slika 36).

Slika 36. *Mjerenje volumena oblica volumetrijskom metodom uranjanjem u kadu*

Izračunata razlika između razine vode prije i nakon uranjanja predstavlja volumen uronjene oblice koji je izračunat prema izrazu 4.

$$V_o = \left[(a*b)*(h_{\max} - h_{\min})\right] \qquad .....(4)$$

V_o – volumen oblice, m^3

a – dužina kade, m

b – širina kade, m

h_{max} – visina izmjere vode nakon uranjanja oblice u kadu, m

h_{min} – visina izmjere vode prije uranjanja oblice u kadu, m

Postotni udio smanjenja volumena oblica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 5 i 6.

$$aps_V = \left(\frac{V_s - V_p}{V_s} \right) * 100 \qquad .....(5)$$

$$rel_V = \left(\frac{V_s - V_p}{V_p} \right) * 100 \qquad .....(6)$$

aps_V – apsolutni postotni udio gubitka volumena oblice, %

rel_V – relativni postotni udio gubitka volumena oblice, %

V_s – volumen sirove (vlažne) oblice, m^3

V_p – volumen prosušene oblice, m^3

4.3.3. Vlaga ogrjevnog drva

Sadržaj vode različitih vrsta drva, a i unutar jedne vrste drva može se vrlo razlikovati, može ovisiti o godišnjem dobu, staništu i strukturi drva (Pervan, 2000). Za određivanje sadržaja vode postoji više različitih načina, od kojih su gledano s praktične strane i s strane kvalitete procesa najznačajnija dva načina. Prvi način je pomoću električnog otpora odnosno električnim vlagomjerima, dok je drugi način pomoću gravimetrijske metode (mjerenje količine odstranjene vode do 0 % konačnog sadržaja vode).

U ovome slučaju kod određivanja vlage oblica prije i nakon prirodnog sušenja, primijenjena je gravimetrijska metoda. Gravimetrijska metoda se provodi pomoću sušionika i vage, ali je bolje imati specijalni sušionik s ugrađenom skalom s kojeg možemo vrijednost sadržaja vode izravno očitati, bez potrebe za proračunom. Za potrebe ispitivanja iz nekoliko odabranih oblica ispiljeni su odresci, debljine 25 mm. Odresci su piljeni minimalno 50 cm od kraja oblice, odnosno u ovome slučaju iz sredine oblica. Piljeni su oštrim pilama pri malim brzinama, kako toplina nastala piljenjem ne bi utjecala na njihov sadržaj vode, tj. da ne dođe do isparavanja. Iščetkani su i omotani plastikom da se spriječi prijevremeni gubitak vode. Odmah

nakon izradbe odresci su vagani pomoću laboratorijske vage. Zbog pouzdanosti, za ispitivanje se uzimaju minimalno 2 – 3 odreska. Tako pripremljeni odresci stavljeni su u sušionik i sušeni na temperaturi od 102 do 103 °C do konstante mase. Nakon toga su ponovo vagani. U trenutku kada se masa prestala mijenjati, zabilježen je njezin brojčani iznos. Sada kada imamo sve potrebne parametre, odnosno kada nam je poznata početna i konačna težina odreska, izračunat je stvarni sadržaj vode prema izrazu 7.

$$U = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) * 100 \qquad \text{.....(7)}$$

U – stvarni sadržaj vode, %

m_1 – početna težina odreska, g

m_2 – konačna težina odreska, g

4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva

Gustoća ogrjevnog drva oblice izračunata je na način da se podijeli omjer mase drva i volumena drva. Izračunata je prema izrazu 8.

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \text{.....(8)}$$

ρ – gustoća oblice, kg/m^3

m – masa oblice, kg

V – volumen oblice, m^3

Postotni udio promjene gustoće oblica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 9 i 10.

$$aps_{\rho} = \left(\frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s} \right) * 100 \qquad \text{.....(9)}$$

$$rel_{\rho} = \left(\frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_p} \right) * 100 \qquad \text{.....(10)}$$

aps_{ρ} – apsolutni postotni udio gubitka gustoće oblice, %

rel_{ρ} – relativni postotni udio gubitka gustoće oblice, %

ρ_s – gustoća sirove (vlažne) oblice, kg/m^3

ρ_p – gustoća prosušene oblice, kg/m^3

4.4. Statistička obrada podataka

Tijekom samog mjerenja podaci su bilježeni ručno, u već unaprijed pripremljene tablice. Kod same obrade podataka korišteni su programi MS Officea (Excel i Word). Rezultati istraživanja prikazani su pomoću deskriptivne statistike, tabelarno i grafički.

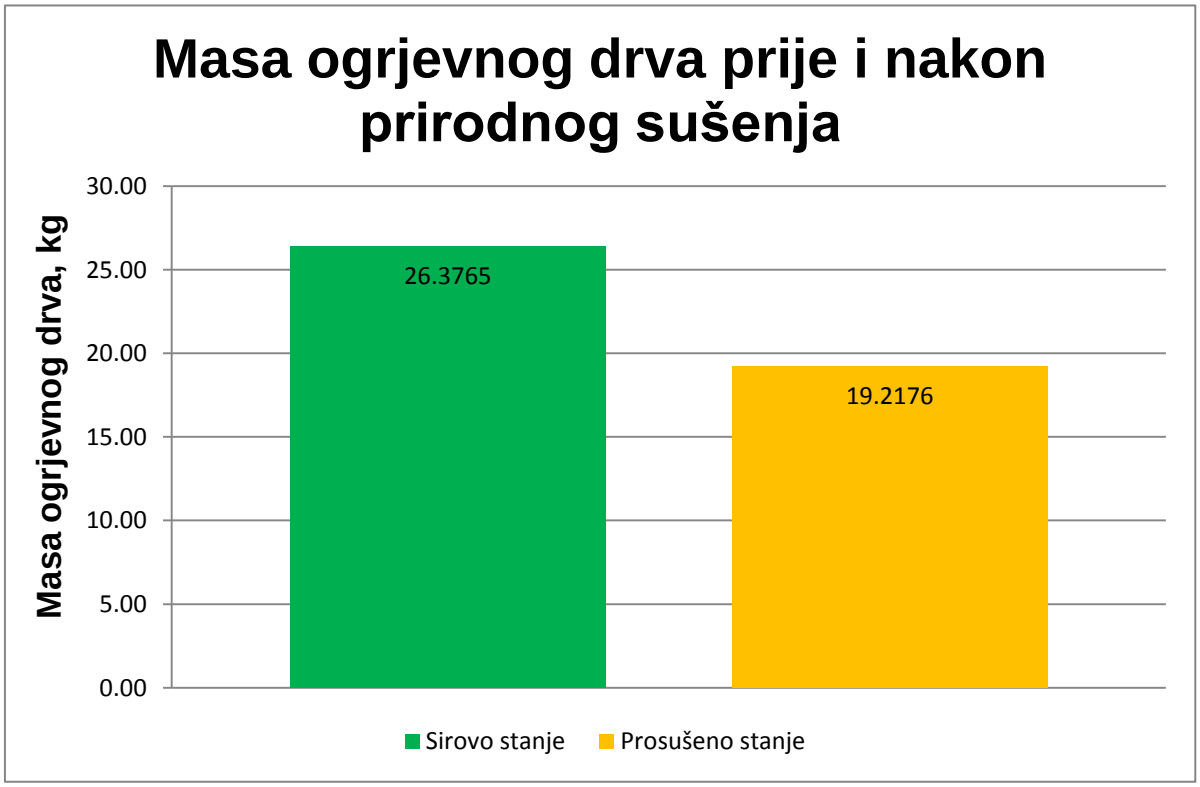
5. Rezultati istraživanja

5.1. Masa ogrjevnog drva

Deskriptivna statistika podataka o masi izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 13 i na slici 37.

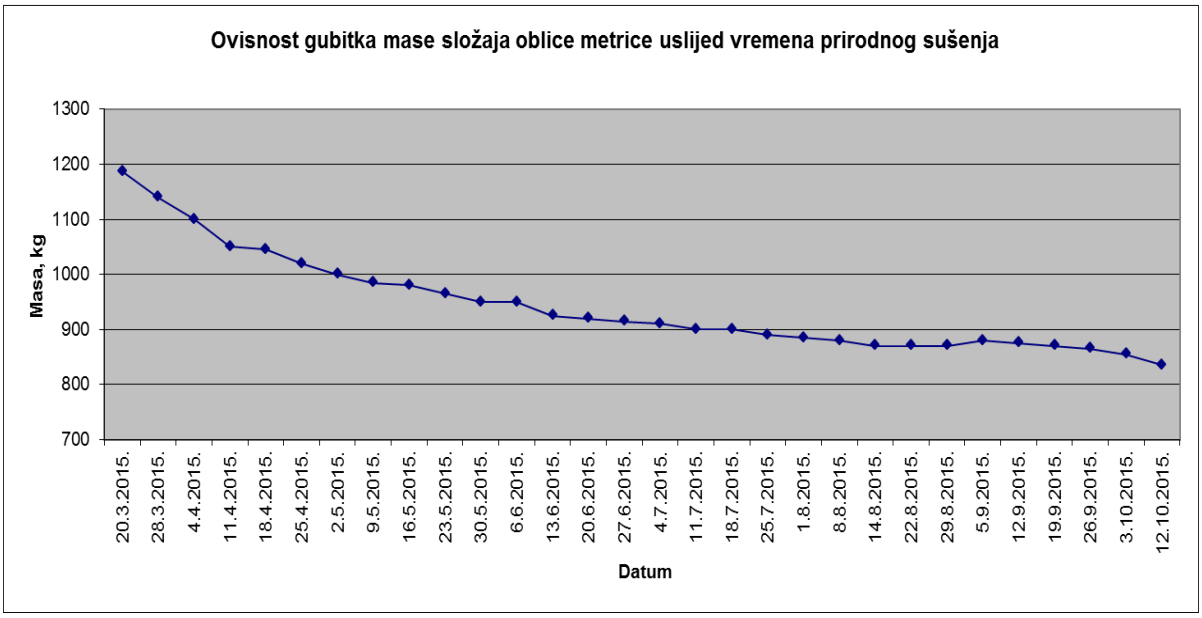
Tablica 13. *Deskriptivna statistika podataka o masi oblice metrice*

Masa ogrjevnog drva oblice metrice							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
m´ - početna	kg	17	9,4000	25,2000	37,5000	26,3765	6,8503
m - završna	kg	17	6,9000	18,4000	27,2000	19,2176	4,9765
m´ - m	kg	17	2,5000	7,1000	10,3000	7,1588	2,0944
aps. (m´- m)/m´	%	17	19,23	27,22	32,26	27,04	3,24
rel. (m´ - m)/m	%	17	23,81	37,39	47,62	37,31	5,96



Slika 37. *Grafički prikaz promjene mase ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja*

Grafički prikaz ovisnosti gubitka mase oblice metrice uslijed vremena prirodnog sušenja prikazan je na slici 38.



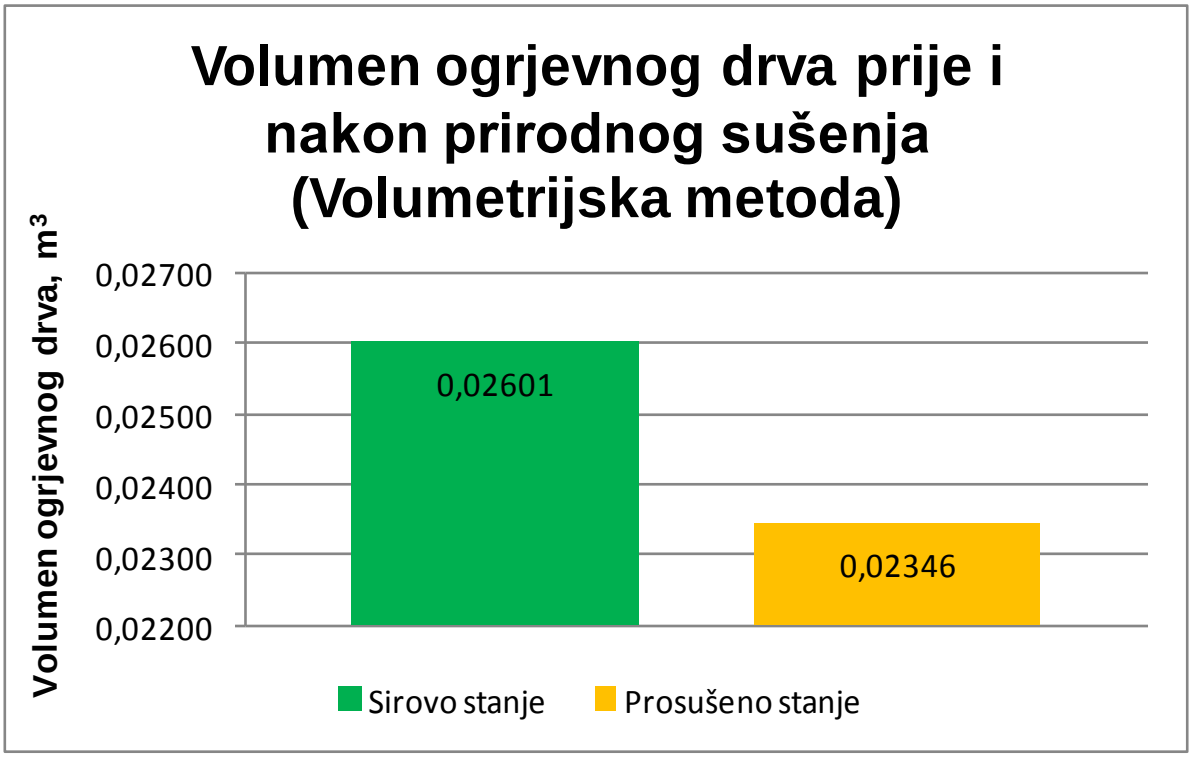
Slika 38. *Grafički prikaz pada mase složaja oblice metrice uslijed prirodnog sušenja*

5.2. Volumen ogrjevnog drva

Deskriptivna statistika podataka o volumenu (Volumetrijska metoda) izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 14 i na slici 39.

Tablica 14. *Deskriptivna statistika podataka o volumenu oblice metrice (Volumetrijska metoda)*

Volumen ogrjevnog drva oblice metrice (Volumetrijska metoda)							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
V´ - početna	m^3	17	0,00904	0,02651	0,03555	0,02601	0,00707
V - završna	m^3	17	0,00844	0,02470	0,03133	0,02346	0,00627
V´ - V	m^3	17	0,00060	0,00181	0,00603	0,00255	0,00150
aps. (V´- V)/V´	%	17	3,70	8,70	19,23	9,54	4,08
rel. (V´ - V)/V	%	17	3,85	9,52	23,81	10,77	5,19

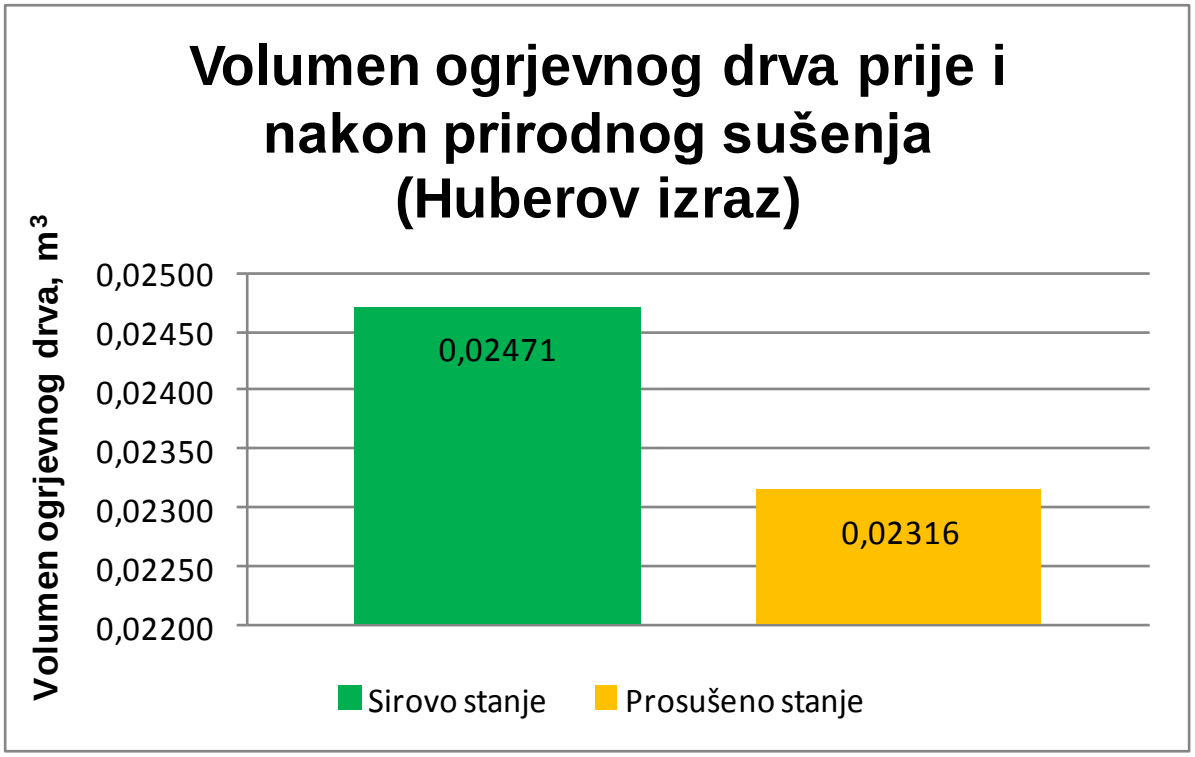


Slika 39. *Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Volumetrijska metoda)*

Deskriptivna statistika podataka o volumenu (Huberov izraz) izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 15 i na slici 40.

Tablica 15. *Deskriptivna statistika podataka o volumenu oblice metrice (Huberov izraz)*

Volumen ogrjevnog drva oblice metrice (Huberov izraz)							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
V´ - početna	m^3	17	0,00848	0,02391	0,03600	0,02471	0,00711
V - završna	m^3	17	0,00769	0,02260	0,03431	0,02316	0,00701
V´ - V	m^3	17	0,00040	0,00142	0,00290	0,00155	0,00079
aps. (V´- V)/V´	%	17	2,07	5,48	11,42	6,59	3,37
rel. (V´ - V)/V	%	17	2,12	5,80	12,89	7,19	3,92



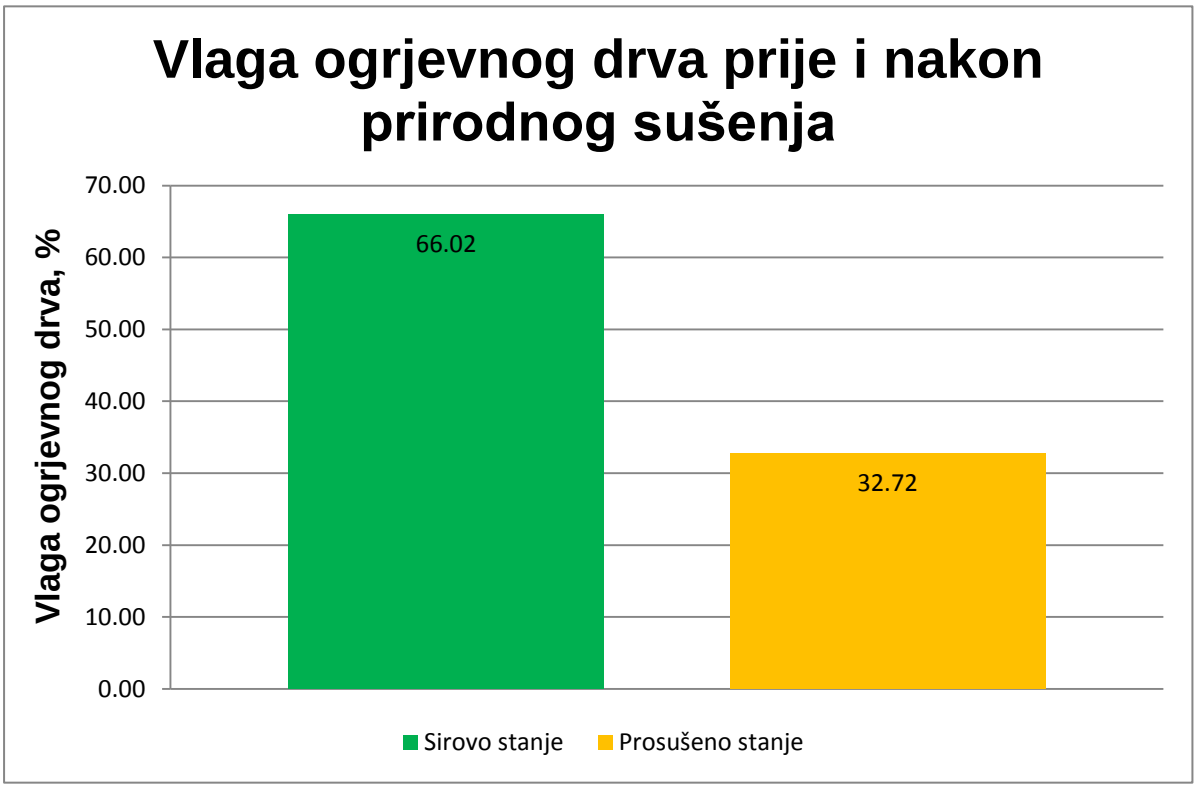
Slika 40. *Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Huberov izraz)*

5.3. Vlaga ogrjevnog drva

Deskriptivna statistika podataka o vlazi izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 16 i na slici 41.

Tablica 16. *Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage oblice metrice*

Vlaga ogrjevnog drva oblice metrice							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
u´ - početna	%	10	56,16	64,08	82,32	66,02	7,95
u - završna	%	3	29,10	33,85	35,20	32,72	3,17



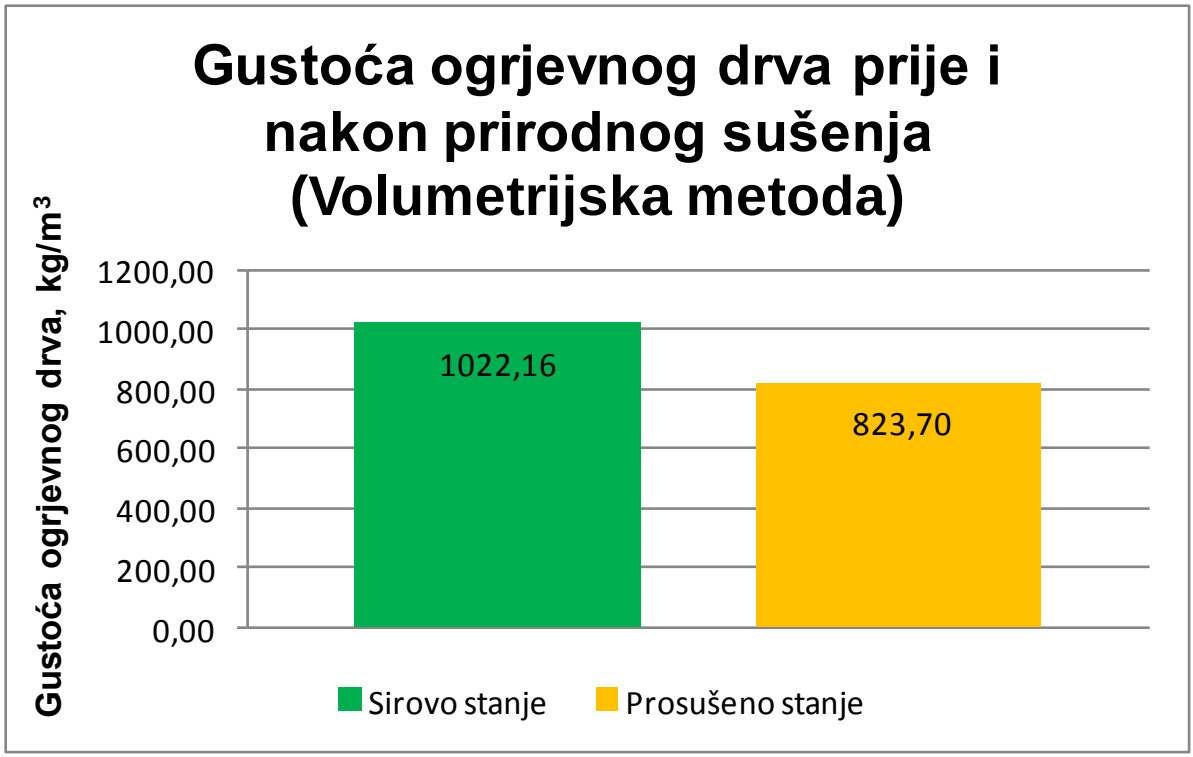
Slika 41. *Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja*

5.4. Gustoća ogrjevnog drva

Deskriptivna statistika podataka o gustoći (Volumetrijska metoda) izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 17 i na slici 42.

Tablica 17. *Deskriptivna statistika podataka o gustoći oblice metrice (Volumetrijska metoda)*

Gustoća ogrjevnog drva oblice metrice (Volumetrijska metoda)							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ρ´ - početna	kg/m^3	17	795,43	1029,05	1224,53	1022,16	97,56
ρ - završna	kg/m^3	17	688,11	809,96	941,81	823,70	70,55
ρ´ - ρ	kg/m^3	17	107,32	205,72	286,53	198,46	52,61
aps. (ρ´- ρ)/ρ´	%	17	11,15	19,67	26,45	19,24	4,06
rel. (ρ´ - ρ)/ρ	%	17	12,55	24,49	35,96	24,12	6,20

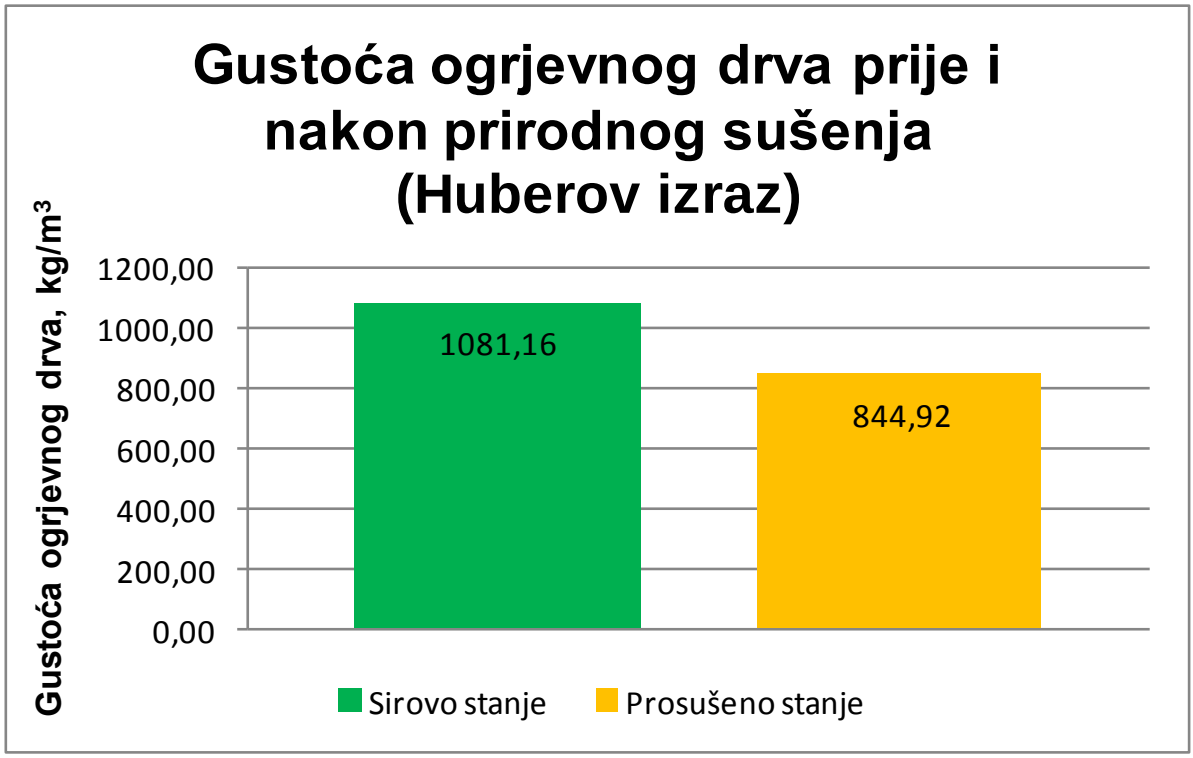


Slika 42. *Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Volumetrijska metoda)*

Deskriptivna statistika podataka o gustoći (Huberov izraz) izmjerene metrice oblice prikazana je u tablici 18 i na slici 43.

Tablica 18. *Deskriptivna statistika podataka o gustoći oblice metrice (Huberov izraz)*

Gustoća ogrjevnog drva oblice metrice (Huberov izraz)							
Oznaka	**Mjerna jedinica**	**N**	**Min.**	**Median**	**Max.**	**Aritmet. sredina**	**Stand. dev.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ρ´ - početna	kg/m^3	17	887,43	1103,61	1246,04	1081,16	86,19
ρ - završna	kg/m^3	17	711,18	844,64	1004,00	844,92	77,28
ρ´ - ρ	kg/m^3	17	169,67	246,95	309,85	236,24	39,58
aps. (ρ´- ρ)/ρ´	%	17	14,74	22,63	25,68	21,85	3,16
rel. (ρ´ - ρ)/ρ	%	17	17,29	29,24	34,55	28,16	5,07



Slika 43. *Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon prirodnog sušenja (Huberov izraz)*

6. Rasprava

6.1. Masa ogrjevnog drva

Prema rezultatima istraživanja koji se mogu očitati iz tablice 13, vidljivo je da je nakon prirodnog sušenja došlo do promjena u masi ogrjevnog drva.

Iz grafičkog prikaza na slici 37 vidljivo je da je prosječna vrijednost mase oblica ogrjevnog drva u sirovom stanju iznosila 26,3765 kg, dok je na kraju sušenja u prosušenom stanju iznosila 19,2176 kg, odnosno kroz period prirodnog sušenja masa se je prosječno smanjila za 7,1589 kg. Postotni pad mase obzirom na sirovo stanje iznosio je 27,04 %, a obzirom na prosušeno stanje 37,31 %. Kao što je i očekivano, masa ogrjevnog drva u prosušenom stanju je manja u odnosu na masu ogrjevnog drva u sirovom stanju.

Na slici 38 prikazan je pad mase složaja ogrjevnog drva u ovisnosti o vremenu prirodnog sušenja. 20. 3. 2015. masa oblica je izvagana grupno na paleti i ona je iznosila 1187 kg. Nakon prirodnog sušenja, dana 12. 10. 2015. masa grupno izvaganih oblica iznosila je 835 kg. Ovi podaci ukazuju da razlika u masi prije i nakon prirodnog sušenja iznosi 352 kg.

6.2. Volumen ogrjevnog drva

Iz rezultata istraživanja koji se mogu očitati iz tablice 14 i 15 vidljivo je da je u oba slučaja došlo do promjena volumena ogrjevnog drva nakon prirodnog sušenja. Volumen je u oba slučaja u prosušenom stanju neznatno manji u odnosu na volumen u sirovom stanju.

Kod određivanja volumena volumetrijskom metodom (slika 39) prosječna vrijednost volumena ogrjevnog drva u sirovom stanju iznosi 0,02601 m^3, a u prosušenom stanju 0,02346 m^3, dok je kod određivanja volumena Huberovim izrazom (slika 40) volumen u sirovom stanju iznosio 0,02471 m^3, a u prosušenom stanju 0,02316 m^3. Postotno smanjenje volumena određenog volumetrijskom metodom obzirom na sirovo stanje iznosilo je 9,54 %, a obzirom na prosušeno stanje 10,77 %. Kod volumena određenog Huberovim izrazom postotno smanjenje obzirom na sirovo stanje iznosilo je 6,59 %, a obzirom na prosušeno stanje 7,19 %.

Iz dobivenih vrijednosti vidljivo je da je vrlo mala razlika između volumena dobivenog putem volumetrijske metode odnosno Huberovog izraza.

6.3. Vlaga ogrjevnog drva

U tablici 16 prikazani su podaci iz kojih vidimo da je tijekom prirodnog sušenja došlo do promjena u sadržaju vlage ogrjevnog drva, odnosno prema očekivanome ogrjevno drvo je izgubilo određeni dio vlage.

Iz grafičkog prikaza na slici 41 prikazan je prosječni sadržaj vlage ogrjevnog drva, koji je u sirovom stanju iznosio 66,02 %, dok je nakon prirodnog sušenja u prosušenom stanju iznosio 32,72 %. Prirodnim sušenjem koje je trajalo od mjeseca ožujka pa do mjeseca listopada (207 dana), ogrjevno drvo je dakle izgubilo 33,30 % vlage. U sirovom stanju vlaga pojedinih ispitivanih oblica je varirala od 56,16 % pa sve do 82,32 %, dok se je u prosušenom stanju kretala između 29,10 % i 35,20 %.

6.4. Gustoća ogrjevnog drva

Smanjenjem mase i volumena ogrjevnog drva smanjuje se i gustoća budući da je ona usko vezana za ta dva parametra. Dobiveni podaci o gustoći ogrjevnog drva mogu se očitati iz tablice 17 i 18, iz kojih je vidljivo da je u oba slučaja došlo do smanjenja gustoće nakon prirodnog sušenja.

Prosječna vrijednost gustoće ogrjevnog drva kod koje je volumen određen volumetrijskom metodom (slika 42) u sirovom stanju iznosi 1022,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 823,70 kg/m^3, dok je kod gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom (slika 43) gustoća u sirovom stanju iznosila 1081,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 844,92 kg/m^3. Postotno smanjenje gustoće čiji je volumen određen volumetrijskom metodom obzirom na sirovo stanje iznosilo je 19,24 %, a obzirom na prosušeno stanje 24,12 %. Kod gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom postotno smanjenje obzirom na sirovo stanje iznosilo je 21,85 %, a obzirom na prosušeno stanje 28,16 %.

Budući da vrijednosti volumena dobivenog putem volumetrijske metode i Huberovog izraza neznatno odstupaju jedna od druge, takva je stvar i kod dobivenih vrijednosti gustoće.

Kod istraživanja koje su proveli Zelić i Međugorac (2001) raspon gustoće bukovih sortimenata duljine 100 cm kretao se od 1048,18 kg/m^3 u sirovom stanju do 773,36 kg/m^3 u prosušenom stanju. Iz priloženih informacija je vidljivo da kod rezultata gustoće dobivenih ovim istraživanjem i kod rezultata gustoće dobivenih istraživanjem Zelića i Međugorca (2001) ne postoji neka velika razlika, odnosno nema nekih značajnih promjena unutar raspona same gustoće.

Tijekom, odnosno završetkom prirodnog sušenja ogrjevnog drva uslijed djelovanja raznih vremenskih uvjeta došlo je do pojave prozuklosti i prešlosti na oblicama. Zbog toga odabir takvog načina sušenja oblica baš i nije najprikladniji.

Pojava prešlosti izaziva smanjenje fizikalnih i mehaničkih svojstava drva u toku procesa prirodnog starenja, drugim riječima smanjuje se gustoća, čvrstoća i elastičnost drva.

Prozuklost se kod oblog drva prepoznaje po promjeni prirodnog tona boje u crveno i crveno-smeđu boju, uz smanjenje permeabilnosti, tj. propustljivosti za tekućine. U daljnjem stupnju razvoja dolazi do pojave crnih linija (crvenih, bijelih i crnih tonova), koje izazivaju gljivice (piravost), dok krajnji stupanj razvoja završava se mramornom truleži. Prema stupnju razvoja izaziva slabljenje mehaničkih svojstava drva (Zečić i Vusić, 2013).

7. Zaključci

S obzirom na rezultate istraživanja u ovom diplomskom radu, mogu se iznijeti sljedeći najznačajniji zaključci:

1. Masa ogrjevnog drva u prosušenom stanju je manja od mase ogrjevnog drva u sirovom stanju. Prosječna vrijednost mase oblica u sirovom stanju iznosila je 26,3765 kg, dok je na kraju sušenja u prosušenom stanju iznosila 19,2176 kg. Postotni pad mase obzirom na sirovo stanje iznosi 27,04 %, a obzirom na prosušeno stanje 37,31 %,
2. Volumen ogrjevnog drva u prosušenom stanju je također manji u odnosu na volumen ogrjevnog drva u sirovom stanju. Prosječna vrijednost volumena oblica u sirovom stanju prema volumetrijskoj metodi iznosila je 0,02601 m^3, a u prosušenom stanju 0,02346 m^3. Prema Huberovom izrazu prosječna vrijednost volumena oblica u sirovom stanju iznosila je 0,02471 m^3, a u prosušenom stanju 0,02316 m^3. Postotni pad volumena koji je određen volumetrijskom metodom obzirom na sirovo stanje iznosi 9,54 %, a obzirom na prosušeno stanje 10,77 %, dok postotni pad volumena koji je određen Huberovim izrazom obzirom na sirovo stanje iznosi 6,59 %, a obzirom na prosušeno stanje 7,19 %,
3. Vlaga ogrjevnog drva se je također smanjila tijekom prirodnog sušenja. Prosječni sadržaj vlage oblica u sirovom stanju iznosio je 66,02 %, dok je završetkom prirodnog sušenja u prosušenom stanju iznosio 32,72 %,
4. Gustoća ogrjevnog drva u prosušenom stanju također je smanjena u odnosu na gustoću ogrjevnog drva u sirovom stanju. Prosječna vrijednost gustoće oblica u sirovom stanju čiji je volumen određen volumetrijskom metodom iznosi 1022,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 823,70 kg/m^3. Kod gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom prosječna vrijednost u sirovom stanju iznosila je 1081,16 kg/m^3, a u prosušenom stanju 844,92 kg/m^3. Postotni pad gustoće čiji je volumen određen volumetrijskom metodom obzirom na sirovo stanje iznosi 19,24 %, a obzirom na prosušeno stanje 24,12 %, dok postotni pad gustoće čiji je volumen određen Huberovim izrazom obzirom na sirovo stanje iznosi 21,85 %, a obzirom na prosušeno stanje 28,16 %.

Literatura

1. Zečić, Ž., Vusić, D. 2013: Šumski proizvodi – interna skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
2. Horvat, I., Krpan, J. 1967: Drvno industrijski priručnik. Zagreb: Tehnička knjiga.
3. Pervan, S. 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva. Zagreb: SAND d.o.o.
4. Vidaković, M. i sur. 2003: Obična bukva u Hrvatskoj. Hrvatske šume.
5. Zelić, J., Međugorac, K. 2001: Ovisnost gustoće prostornog drva nekih autohtonih vrsta drveća o razdoblju prirodnog sušenja. Šumarski list, CXXV, 5-6: 263-272.
6. Zečić, Ž. 2012: Europski standardi za drvne sortimente na adresi http://slidegur.com/doc/50421/europski-standardi-za-drvne-sortimente (1. 4. 2016.)
7. Prka, M. 2012: Primjena HRN EN sustava normi za oblo drvo u šumarskoj operativi i drvnoj industriji RH na adresi http://www.docfoc.com/primjena-hrn-en-sustava-normi-za-oblo-drvo-u-sumarskoj-operativi-i-drvnoj (1. 4. 2016.)
8. Prka, M. 2009: Problematika određivanja sortimentne strukture jednodobnih gospodarskih bukovih sastojina na adresi http://www.hkisdt.hr/podaci/dokumenti/ProblematikaOdredivanjaSortimentneStrukturaBukve.pdf (1. 4. 2016.)
9. Poršinsky, T. 2014: Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva na adresi http://www.hkisdt.hr/podaci/2014/su/mjerenje_drva_transport.pdf (1 . 4. 2016.)
10. Prednosti biomase na adresi http://www.izvorienergije.com/prednosti_biomase.html (5. 4. 2016.)
11. Drvna biomasa na adresi http://ecometeo.rs.ba/index.php/energija/energija-biomase/drvna-biomasa (5. 4. 2016.)
12. Obnovljivi izvori energije na adresi http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/energija-biomase (5. 4. 2016.)
13. „Hrvatske šume“ d.o.o. na adresi http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv (5. 4. 2016.)
14. Podaci o drvnoj vuni na adresi https://hr.wikipedia.org/wiki/Drvena_vuna (10. 4. 2016.)

15. Digitalna arhiva Šumarskog lista na adresi http://www.sumari.hr/sumlist/gootxt.asp?id=192507&s=21 (10. 4. 2016.)
16. Podaci o drvnim pločama na adresi http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=48770 (10. 4. 2016.)
17. Pravilnik o tehničkim zahtjevima za drvne ploče na adresi http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_02_24_502.html (10. 4. 2016.)
18. Digitalna arhiva Šumarskog lista na adresi http://www.sumari.hr/sumlist/gootxt.asp?id=194407&s=22 (10. 4. 2016.)
19. Potencijali i oblici šumske biomase za energiju prema normativnom sustavu za čvrsta biogoriva na adresi http://www.hdki.hr/_news/35218/Sazetak_Zecic.pdf (10. 4. 2016.)
20. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi https://hr.wikipedia.org/wiki/Sjekira (22. 5. 2016.)
21. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi http://www.firewood-for-life.com/splitting-axe.html (22. 5. 2016.)
22. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi https://en.wikipedia.org/wiki/Axe (22. 5. 2016.)
23. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi http://www.firewood-for-life.com/manual-log-splitter.html (22. 5. 2016.)
24. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi https://en.wikipedia.org/wiki/Splitting_maul (22. 5. 2016.)
25. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva na adresi https://en.wikipedia.org/wiki/Chainsaw (22. 5. 2016.)
26. Specijalni strojevi za izradu ogrjevnog drva na adresi http://www.firewood-for-life.com/hydraulic-log-splitter.html (22. 5. 2016.)
27. Specijalni strojevi za izradu ogrjevnog drva na adresi http://hr.lancman.si/product/cjepac-profesionalni-horizontalni/le30h/ (22. 5. 2016.)
28. Specijalni strojevi za izradu ogrjevnog drva na adresi https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood_processor (22. 5. 2016.)
29. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u postrojenju na adresi http://www.polarson.com/firewood-production-process.html (22. 5. 2016.)
30. Karakteristike drva obične bukve na adresi https://en.wikipedia.org/wiki/Fagus_sylvatica (13. 6. 2016.)

Životopis

OSOBNE OBAVIJESTI

Ime	IVICA KUPINIĆ
Adresa	DONJA PODGORA 108, 49240 DONJA STUBICA
Telefon	095/891-1572
Faks	
E-pošta	007.kUpiNic.007@gmail.com
Državljanstvo	hrvatsko
Datum rođenja	19. 6. 1989.

RADNO ISKUSTVO

Zaposlen u stalnom radnom odnosu u „Stolariji Kupinić“ na radnom mjestu Voditelja proizvodnje.

ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

• Datum (od – do)	2009 – 2016.
• Naziv i vrsta obrazovne ustanove	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
• Osnovni predmet /zanimanje	Drvnotehnološki odsjek
• Naslov postignut obrazovanjem	Magistar inženjer drvne tehnologije
• Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)	VSS
• Datum (od – do)	2004 – 2007. 2007 – 2009.
• Naziv i vrsta obrazovne ustanove	Srednja škola Oroslavje, Oroslavje; Drvodjeljska škola Zagreb, Zagreb
• Osnovni predmet /zanimanje	Stolar, Drvodjeljski tehničar
• Naslov postignut obrazovanjem	Stolar, Drvodjeljski tehničar
• Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)	SSS
• Datum (od – do)	1996 – 2004.
• Naziv i vrsta obrazovne ustanove	Osnovna škola Donja Stubica, Donja Stubica
• Osnovni predmet /zanimanje	
• Naslov postignut obrazovanjem	
• Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)	NSS

MATERINSKI JEZIK	HRVATSKI
DRUGI JEZICI	
	ENGLESKI
• sposobnost čitanja	dobro
• sposobnost pisanja	dobro
• sposobnost usmenog izražavanja	dobro
SOCIJALNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *Življenje i rad s drugim ljudima u višekulturnim okolinama gdje je značajna komunikacija, gdje je timski rad osnova (npr. u kulturnim ili sportskim aktivnostima).*	Navikao sam na život u obitelji, velikom krugu prijatelja, kolega i poznanika. Volim raditi, volim putovanja, upoznavanja i učenje vezano uz posao, ali i privatno.
ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *Npr. koordinacija i upravljanje osobljem, projektima, financijama; na poslu, u dragovoljnom radu (npr. u kulturi i športu) i kod kuće, itd.*	Sposobnost rada s ljudima, koordinacije i komunikacije s kolegama kao i širim krugom poslovnih partnera, rješavanje svakodnevnih problema, rad na raznim projektima, organizacija rada u tvrtci, djelovanje pod raznim okolnostima i rokovima, odgovoran.
TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI *S računalima, posebnim vrstama opreme, strojeva, itd.*	Poznavanje rada na računalu: MS Office 2010 paket (Excel, Word, PowerPoint), Internet i AutoCAD.
VOZAČKA DOZVOLA	„B“, kategorija

Zabilješke