

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

---

Aničić, Juraj

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:411030>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**JURAJ ANIČIĆ**

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

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**JURAJ ANIČIĆ**

**Prilog istraživanju promjene gustoće  
prefabriciranog cijepanog 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 Ištvančić, mentor.**  
                                  2. **Doc. dr. sc. Alan Antonović, član**  
                                  3. **Dr. sc. Nikola Španić, član**

Student: **Juraj Aničić**

JMBAG: **0068211758**

Broj indeksa: **587/2014**

Datum odobrenja teme: **22. 03. 2016.**

Datum predaje rada: **15. 09. 2016.**

Datum obrane rada: **23. 09. 2016.**

**Zagreb, rujan, 2016.**

# Administrativni protokol

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naslov diplomskog rada                   | Prilog istraživanju promjene gustoće prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kratki biografski podaci o autoru        | Juraj Aničić, rođen 26. studenog. 1991. godine u Rijeci. Maturirao šk. god. 2009/10. u Gimnaziji Eugena Kumičića u Opatiji. Upisao Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2010/11. Obranio Završni rad 28. 09. 2014. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2014/2015. te ga apsolvirao šk. god. 2015/2016.                                                |
| Adresa<br>e - mail                       | F.J. Schullera 3, 51410 Opatija<br>anicijjuraj@gmail.com                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Izvođenje eksperimenta i obrada podataka | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet,<br>Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Mentor                                   | Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, Sveučilište u Zagrebu,<br>Šumarski fakultet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Neposredni voditelj                      | Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, Sveučilište u Zagrebu,<br>Šumarski fakultet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Rad sadrži                               | I – VIII + 73 stranica + 10 tablica + 34 slika + 24 navoda literature                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Administrativni postupak                 | Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Prilog istraživanju promjene gustoće prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja”<br>22. 03. 2016. i imenovanje povjerenstva za obranu teme završnog rada u sastavu:<br>Doc. dr. sc. Josip Ištvančić, mentor<br>Doc. dr. sc. Alan Antonović, član<br>Dr. sc. Nikola Španić, član |
| Mjesto i datum obrane                    | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb<br>23. 09. 2016.                                                                                                                                                                                                                                                                        |

# Ključna dokumentacijska kartica

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TI (naslov)         | Prilog istraživanju promjene gustoće prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| AU (autor)          | Juraj Aničić                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| AD (adresa)         | F.J. Schullera 3, 51410 Opatija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| SO (izvor)          | Šumarska knjižnica – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu<br>Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| PY (godina objave)  | 2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| LA (izvorni jezik)  | Hrvatski                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| LS (jezik sažetka)  | Hrvatski                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| DE (ključne riječi) | Obična bukva ( <i>Fagus sylvatica</i> L.), gustoća, vlaga, masa, volumen, ogrjevno drvo, prirodno sušenje.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| GE (zemlja objave)  | Hrvatska                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| PT (vrsta objave)   | Diplomski rad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| VO (volumen)        | I – VIII + 73 stranica + 10 tablica + 34 slika + 24 navoda literature                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| AB (sažetak)        | <p>U radu su eksperimentalno i teorijski istraženi utjecaji parametara vlage, mase, volumena i gustoće prefabriciranih cjepanica ogrjevnog drva zbog velikog značaja na komercijalno poslovanje takvim drvom. Istraživanje je provedeno na uzorku od 209 komada cjepanica. Cjepanice su izrađene u jednom specijaliziranom proizvodnom pogonu mehaniziranom tehnologijom uz korištenje motorne lančane pile, tračnih pila i hidrauličkih cjepača. Svaka cjepanica 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 zaklonjenom i dobro provjetrenom dijelu stovarišta cijepanog ogrjevnog drva. Sušenje cjepanica je trajalo u vremenskom periodu od 23.3.2015. do 9.10. 2015., odnosno ukupno 200 dana.</p> <p>Prosječan sadržaj vode u cjepanicama prije sušenja iznosio je 66,02%. U prosušenom stanju, prosječan sadržaj vode u cjepanicama iznosio je 15,74%. Prosječna vrijednost mase cjepanica obzirom na sve izmjerene cjepanice u sirovom stanju iznosila je 1,69 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 1,19 kg. Gledano obzirom na sirovo stanje, gubitak u masi iznosio je prosječno 29,5% U sirovom stanju, aritmetička sredina volumena svih cjepanica iznosila je 0,00171 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom iznosila 0,00148 m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje volumena iznosilo je prosječno 13,4%. Aritmetička sredina za gustoću cjepanica u sirovom stanju iznosila je 988,71 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosila je 806,76 kg/m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje gustoće iznosilo je prosječno 18,2%.</p> |

# Key words documentation

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TI (Title)               | Contribution to study of changes in prefabricated-split firewood density of European beech ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) due to air drying                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| OT (Original Title)      | Prilog istraživanju promjene gustoće prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| AU (Author)              | Juraj Aničić                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| AD (Adress of Author)    | F.J. Schullera 3, 51410 Opatija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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)         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| GE (Geo. Headings)       | Croatia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| PT (Publication Type)    | Graduate thesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| VO (Volume)              | I - VIII + 73 pages + 10 tables + 34 figures + 24 references                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| AB (Abstract)            | <p>In this research are experimental and theoretical explored parameters of moisture, mass, volume and density of prefabricated split firewood, because of great importance to commercial trading with firewood. Whole study was spent on 209 samples of split firewood. Split firewood was made in specialized factory with mechanized technology. The tools and machines which have been used there were chainsaws, bandsaws and hydraulic log splitters. 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 and sheltered company area and it took 200 days, from 23.3.2015. to 9.10.2015.</p> <p>Average value of firewood moisture before drying was 66,02%. In dryish condition, average value of firewood moisture was 15,74% Average value of firewood mass in raw condition is 1,69 kg, while in dryish condition, average value was reduced to 1,19 kg. Considering raw condition, loss on mass was 29,5%. In raw condition, average value of firewood volume was 0,00171 m<sup>3</sup>, while in dryish condition, it was 0,00148 m<sup>3</sup>. Considering raw condition, average value was 13,4%. Average value of firewood density in raw condition is 988,71 kg/m<sup>3</sup>, and in dryish condition is 806,76 kg/m<sup>3</sup>. Considering raw condition, density was reduced to 18,2%.</p> |

# Popis slika

|           |                                                                                                           |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1.  | Grafički prikaz proizvodnje glavnih šumskih proizvoda u zemljama Europe za 2006. godinu ...               | 9  |
| Slika 2.  | Svjetska proizvodnja glavnih šumskih proizvoda u 2006. godini .....                                       | 10 |
| Slika 3.  | Udjeli šuma prema vlasništvu u Hrvatskoj .....                                                            | 11 |
| Slika 4.  | Udjeli drvne zalihe u Hrvatskoj.....                                                                      | 13 |
| Slika 5.  | Prikaz ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj.....                                                         | 15 |
| Slika 6.  | Grafički prikaz postotnog udjela biomase u bruto obujmu stabla.....                                       | 21 |
| Slika 7.  | Sjekira .....                                                                                             | 38 |
| Slika 8.  | Bat za cjepanje.....                                                                                      | 39 |
| Slika 9.  | Ručni hidraulični cjepač .....                                                                            | 39 |
| Slika 10. | Ručni cjepač sa kliznim kladivom .....                                                                    | 40 |
| Slika 11. | Motorna pila .....                                                                                        | 40 |
| Slika 12. | Hidraulični cjepač .....                                                                                  | 41 |
| Slika 13. | Prihvat sirovine .....                                                                                    | 42 |
| Slika 14. | Ogrjevni prerađivač .....                                                                                 | 43 |
| Slika 15. | Rad na ogrjevnom prerađivaču.....                                                                         | 44 |
| Slika 16. | Mjerenje sadržaja vode u cjepanici .....                                                                  | 44 |
| Slika 17. | Skladištenje ogrjevnog drva .....                                                                         | 45 |
| Slika 18. | Stovarište oblovine i prekrajčivanje višemetrice motornom pilom na metricu .....                          | 46 |
| Slika 19. | Cjepanje metrice hidrauličnim cjepačem i njezino međufazno skladištenje.....                              | 46 |
| Slika 20. | Piljenje metrice tračnom pilom na zadanu duljinu (lijevo) i složena paleta kratkih cjepanica (desno)..... | 47 |
| Slika 21. | Utovar paleta i otprema .....                                                                             | 47 |
| Slika 22. | Rasprostranjenost bukve u Europi .....                                                                    | 51 |
| Slika 23. | Obična bukva: deblo, detalj kore, lišće i plod .....                                                      | 52 |
| Slika 24. | Obradak bukovine.....                                                                                     | 54 |
| Slika 25. | Prikaz tijeka izrade prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva slijedom strelica.....                      | 56 |
| Slika 26. | Složaj palete cijepanog ogrjevnog drva za mjerenje: a) vlažne cjepanice, b) prosušene cjepanice .....     | 57 |
| Slika 27. | Mjerenje mase cjepanica na laboratorijskoj vazi .....                                                     | 58 |
| Slika 28. | Mjerenje volumena cjepanica volumetrijskom metodom uranjanjem u menzuru .....                             | 59 |
| Slika 29. | Uzorci iz cjepanica za potrebe mjerenja vlage gravimetrijskom metodom .....                               | 60 |
| Slika 30. | Grafički prikaz mase ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                                           | 62 |
| Slika 31. | Grafički prikaz ovisnosti gubitka mase složaja i razdoblja sušenja cjepanica .....                        | 63 |
| Slika 32. | Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon sušenja.....                               | 64 |
| Slika 33. | Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                        | 65 |
| Slika 34. | Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                               | 66 |

# Popis tablica

|                |            |                                                                                                                                                     |           |
|----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tablica</b> | <b>1.</b>  | <i>Drvena zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj.....</i>                                                                                  | <b>12</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>2.</b>  | <i>Usporedba specifičnih troškova goriva.....</i>                                                                                                   | <b>14</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>3.</b>  | <i>Srednje vrijednosti gorivih svojstava voćarskih, ratarskih i šumskih ostataka .....</i>                                                          | <b>16</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>4.</b>  | <i>Koeficijenti pretvorbe drvnih sortimenata.....</i>                                                                                               | <b>28</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>5.</b>  | <i>Prosječno kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena pri raspiljivanju bukovog prostornog drva različitih oblika (Nikolić i dr. 1977).....</i> | <b>50</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>6.</b>  | <i>Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve.....</i>                                                                        | <b>53</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>7.</b>  | <i>Deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica.....</i>                                                                                       | <b>62</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>8.</b>  | <i>Deskriptivna statistika podataka o volumenu kratkih cjepanica.....</i>                                                                           | <b>64</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>9.</b>  | <i>Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage kratkih cjepanica.....</i>                                                            | <b>65</b> |
| <b>Tablica</b> | <b>10.</b> | <i>Deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoće kratkih cjepanica.....</i>                                                                   | <b>66</b> |



# Korišteni znakovi

|                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| <b>HRN</b>              | - Hrvatska norma                   |
| <b>EN</b>               | - Europska norma                   |
| <b>%</b>                | - postotak                         |
| <b>m<sup>3</sup></b>    | - metar kubni                      |
| <b>kg</b>               | - kilogram                         |
| <b>kg/m<sup>3</sup></b> | - kilogram po metru kubnom         |
| <b>cm</b>               | - centimetar                       |
| <b>mm</b>               | - milimetar                        |
| <b>m</b>                | - metar                            |
| <b>X</b>                | - računalna oznaka množenja (puta) |
| <b>ha</b>               | - hektar                           |
| <b>°C</b>               | - Celzijev stupanj                 |

# Predgovor

Pri izradi ovog rada pomogao mi je doc. dr. sc. Josip Ištvančić kojem se zahvaljujem na ukazanoj pomoći, povjerenju, savjetima i potrebnim materijalima koji su mi bili nužni za izradu ovog rada. Također se zahvaljujem direktoru tvrtke „Sebastijan“ d.o.o. u Grubišnom Polju Antunu Svatu kao i njegovim djelatnicima, što su mi omogućili da u njihovoj tvrtki obavim mjerenja koja su mi bila potrebna za izradu diplomskog rada.

Hvala svim djelatnicima ovog fakulteta, kao i kolegama što su mi bili podrška tijekom pisanja ovog rada.

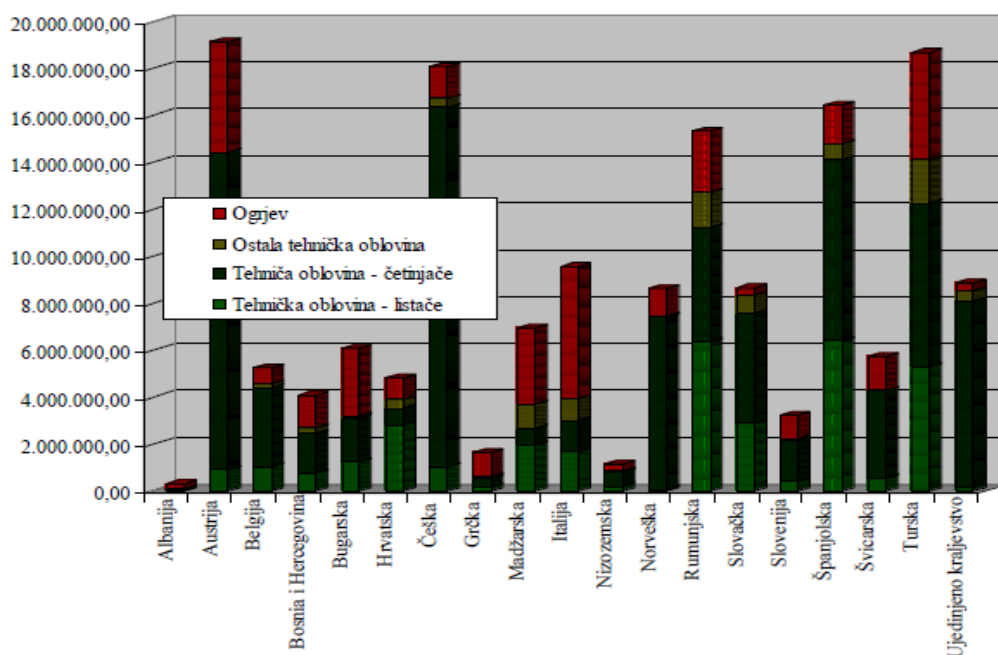
I na kraju, zahvala mojoj obitelji, djevojci i prijateljima koji su me podržavali tokom mog studija.

## Sadržaj

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Administrativni protokol .....                                                            | I         |
| Ključna dokumentacijska informacija .....                                                 | II        |
| Key words documentation .....                                                             | III       |
| Popis slika .....                                                                         | IV        |
| Popis tablica .....                                                                       | V         |
| Korišteni znakovi .....                                                                   | VI        |
| Predgovor .....                                                                           | VII       |
| Sadržaj .....                                                                             | VIII      |
| <b>1. Uvod .....</b>                                                                      | <b>9</b>  |
| <b>2. Cilj istraživanja .....</b>                                                         | <b>17</b> |
| <b>3. Dosadašnja istraživanja .....</b>                                                   | <b>18</b> |
| 3.1 Normiranje glavnih šumskih proizvoda.....                                             | 18        |
| 3.1.1. Razvrstavanje glavnih šumski proizvoda prema HRN.....                              | 19        |
| 3.1.1.1. Drvo za tehničko iskorištavanje prema HRN.....                                   | 21        |
| 3.1.1.2. Drvo za kemijsko iskorištavanje.....                                             | 25        |
| 3.1.2.3. Drvo za ogrjev.....                                                              | 26        |
| 3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN.....                          | 28        |
| 3.1.2.1. Drvo za tehničko iskorištavanje prema HRN EN.....                                | 29        |
| 3.1.2.2. Čvrsta biogoriva.....                                                            | 32        |
| 3.2. Tehnologije izrade ogrjevnog drva.....                                               | 36        |
| 3.2.1. Sječa i izrada drva.....                                                           | 36        |
| 3.2.2. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja.....                                          | 37        |
| 3.2.2.1. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva .....                   | 38        |
| 3.2.3. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom.....                       | 40        |
| 3.2.4. Mehanizirana izrada u postrojenju.....                                             | 42        |
| 3.2.4.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju-primjer 1..... | 42        |
| 3.2.4.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju-primjer 2..... | 45        |
| 3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva.....                                | 47        |
| <b>4. Objekt i metode istraživanja .....</b>                                              | <b>51</b> |
| 4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve.....                                        | 51        |
| 4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje.....                                       | 55        |
| 4.3. Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka .....                                       | 56        |
| 4.3.1. Masa ogrjevnog drva.....                                                           | 57        |
| 4.3.2. Volumen ogrjevnog drva.....                                                        | 58        |
| 4.3.3. Vlaga ogrjevnog drva.....                                                          | 60        |
| 4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva.....                                                        | 61        |
| 4.3. Statistička obrada podataka .....                                                    | 61        |
| <b>5. Rezultati istraživanja .....</b>                                                    | <b>62</b> |
| 5.1. Masa ogrjevnog drva.....                                                             | 63        |
| 5.2. Volumen ogrjevnog drva.....                                                          | 64        |
| 5.3. Vlaga ogrjevnog drva.....                                                            | 65        |
| 5.4. Gustoća ogrjevnog drva.....                                                          | 66        |
| <b>6. Rasprava.....</b>                                                                   | <b>67</b> |
| 6.1. Masa ogrjevnog drva.....                                                             | 67        |
| 6.2. Volumen ogrjevnog drva.....                                                          | 67        |
| 6.3. Vlaga ogrjevnog drva.....                                                            | 67        |
| 6.4. Gustoća ogrjevnog drva.....                                                          | 68        |
| <b>7. Zaključci .....</b>                                                                 | <b>69</b> |
| <b>Literatura .....</b>                                                                   | <b>70</b> |
| <b>Životopis .....</b>                                                                    | <b>71</b> |
| <b>Zabilješke.....</b>                                                                    | <b>73</b> |

# 1. Uvod

Šume pružaju višestruke ekološke, ekonomske i socijalne mogućnosti, neophodne za opstanak čovječanstva. Moderni pristup upravljanja šumama podrazumijeva očuvanje njihove bioraznolikosti te stabilnosti funkcija šumskih ekosistema i klimatskih promjena.

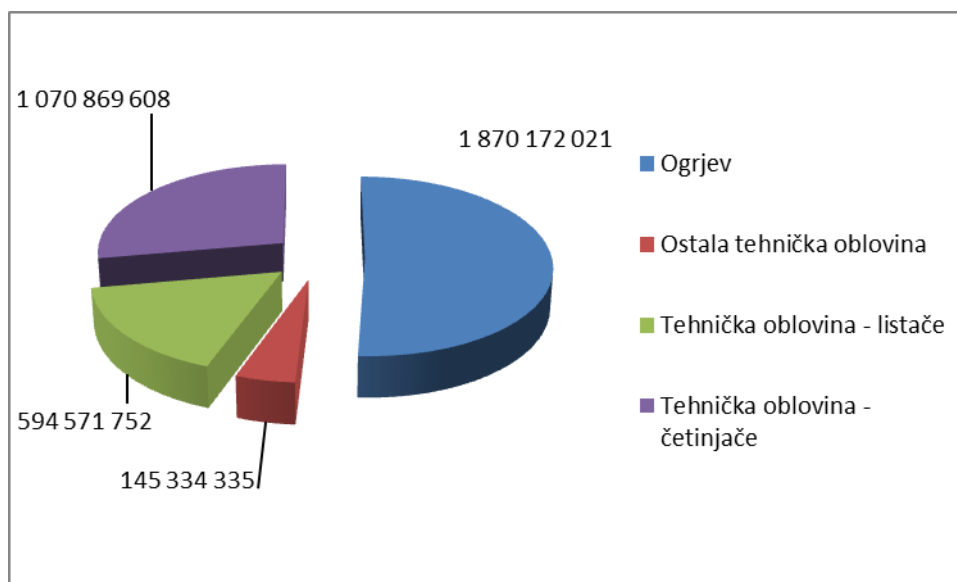


**Slika 1.** Grafički prikaz proizvodnje glavnih šumskih proizvoda u zemljama Europe za 2006. godinu  
Izvor: Zečić, 2013

Činjenica je da se danas još uvijek na šume najviše gleda u smislu prvenstvenog korištenja drvnih i nedravnih šumskih proizvoda. Kao što je vidljivo iz grafičkog prikaza na slici 1. u proizvodnji drvnih sortimenata ovoga dijela Europe prednjače Austrija, Češka i Turska.

Slika 2 prikazuje udjele ogrjevnog drva, tehničke oblovine četinjača i listača te ostale tehničke oblovine u svjetskoj proizvodnji drvne zalihe. Udio ogrjevnog drva za 2006. Godinu je iznosio 1 870 172 021 m<sup>3</sup>.

Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta u RH iznosi 2 688 687 ha što je 47% kopnene površine države. Od toga je 2 106 917 ha u vlasništvu RH, dok je 581 770 ha u vlasništvu privatnih šumoposjednika, kao što se vidi na slici 3. glavninom šuma u vlasništvu države gospodare Hrvatske šume sa 2 018 987 ha. Godišnji prirast drvne zalihe u RH iznosi 10,5 milijuna m<sup>3</sup>, od čega je 8 milijuna m<sup>3</sup> u šumama kojima gospodare Hrvatske šume, a 2,1 milijun m<sup>3</sup> kod ostalih šumoposjednika<sup>1</sup>.



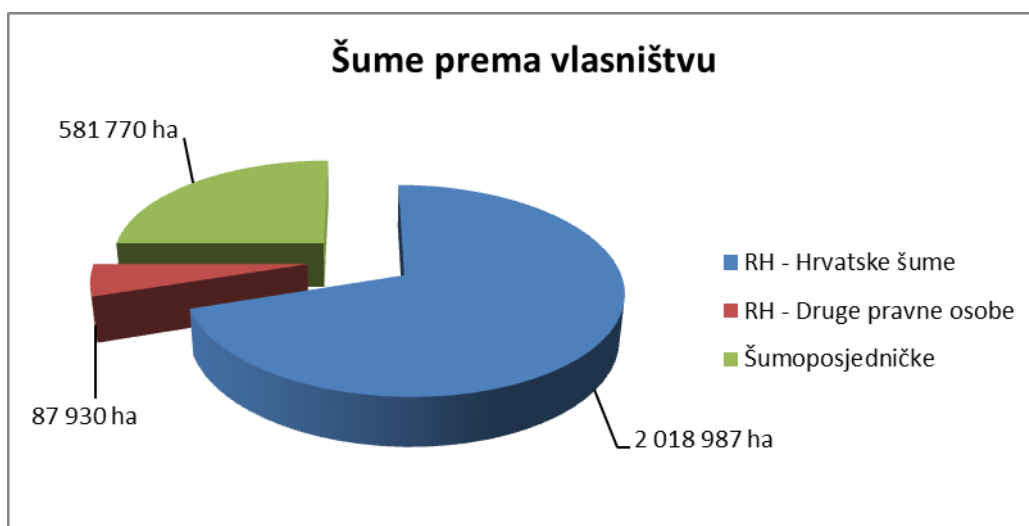
**Slika 2.** Svjetska proizvodnja glavnih šumskih proizvoda u 2006. godini

U šumama kojima gospodare Hrvatske šume se godišnje iskoristi manje od prirasta, čime se osigurava budućnost održivog gospodarenja. Godišnji etat u šumama kojim gospodare Hrvatske šume iznosi u prosjeku 5,8 milijuna m<sup>3</sup>. Pomoću Šumskogospodarske osnove područja je utvrđeno da je drvna zaliha u Republici

<sup>1</sup> <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>

Hrvatskoj 398 milijuna m<sup>3</sup>, od čega je 302 milijuna m<sup>3</sup> u državnim šumama, kojima gospodare Hrvatske šume; a 78 milijuna m<sup>3</sup> je u šumama privatnih šumoposjednika i 17 milijuna m<sup>3</sup> u državnim šumama kojima se koriste drugi pravni subjekti<sup>2</sup>.

Termin zaliha navodi koliki je ukupan volumen drvne mase u određenoj te tako ukazuje na kvalitetu šume. Prirast govori koliko se svake godine poveća volumen, te je na taj način pokazatelj raspoloživosti drva za čovjekovu uporabu. Udjeli drvnih zaliha u vlasništvu Hrvatskih šuma i privatnih šumoposjednika su detaljno prikazani u tablici 1.



**Slika 3.** Udjeli šuma prema vlasništvu u Hrvatskoj

<sup>2</sup> <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>

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

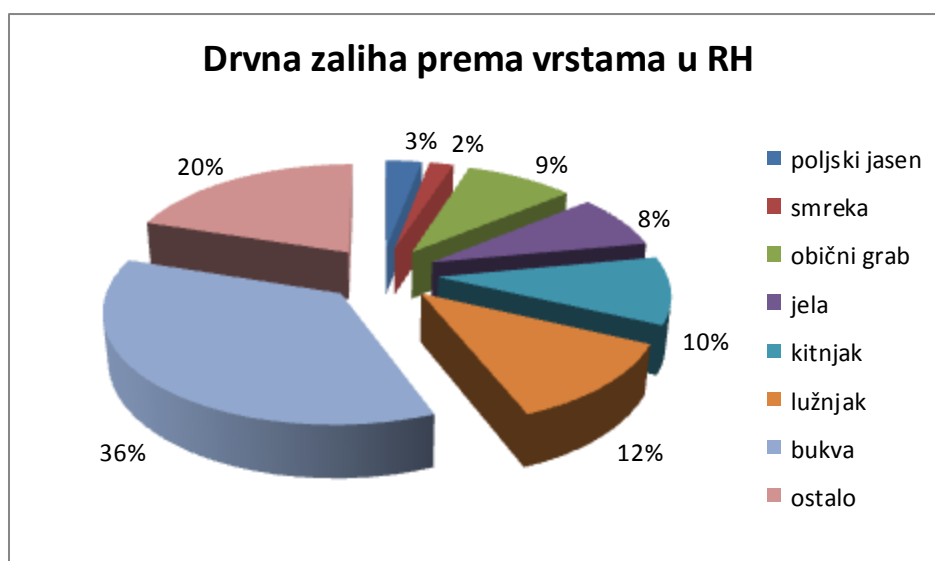
| Vrsta drva<br>Wood species                                       | Drvna zaliha<br>Quantity of wooden rawmaterial |              |                                           |              |                                       |              |                    |              |
|------------------------------------------------------------------|-------------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

**Izvor:** Šumsko gospodarska osnova područja 2006-2015.

Osim podjele po vlasništvu, šume razvrstavamo i prema njihovoj namjeni. Prema Zakonu o šumama šume po namjeni mogu biti *gospodarske, zaštitne i šume s posebnom namjenom*.

Gospodarske šume se koriste za proizvodnju i očuvanje šumskih proizvoda Zaštitne šume služe za zaštitu zemljišta, voda i naselja Šume s posebnom namjenom su strogi rezervati, nacionalni parkovi, posebni rezervati, spomenici prirode, značajni krajobrazi i park-šume.

<sup>3</sup>S obzirom na vrstu drveća, udio bjelogoričnih šuma u Republici Hrvatskoj iznosi 84% i crnogoričnih 16%. Prema zastupljenosti glavnih vrsta udio bukve je 35%, hrasta 27%, običnog graba 8%, običnog jasena 3%, ostale tvrde bjelogorice 7%, meke bjelogorice 4%, jele i smreke 13%, bora 2% i ostale crnogorice 1%. Grafički prikaz udjela raznih vrsti drveća u Hrvatskoj je prikazan na slici 4.



Slika 4. Udjeli drvne zalihe u Hrvatskoj

Za nadzor trgovine drvom na razini Europske Unije su zaduženi EU operateri, koji plasiraju drvne proizvode na europsko tržište, čija je dužnost spriječiti plasiranje ilegalno posječenog drva.

<sup>3</sup> <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>



Termin biomasa odnosi se na čvrste organske materijale dobivene iz biljaka i životinja. To je obnovljivi izvor energije, a tim terminom su obuhvaćeni ostaci iz šumarstva, drvne industrije, ostaci iz ratarske i voćarske proizvodnje i organski otpad.

Drvena biomasa, je dugo vremena bila najčešće upotrebljavani obnovljivi izvor, ponajviše za proizvodnju toplinske energije. U zadnje vrijeme se biomasa sve više počinje koristiti za proizvodnju električne energije, pomoću kogeneracije, to jest kombinirane proizvodnje električne i toplinske energije. Kombinirana proizvodnja topline i električne energije predstavlja dragocjenu mogućnost da se znatno poboljša cjelokupna učinkovitost uporabe goriva.

Ekološke prednosti biomase, u odnosu na fosilna goriva su obnovljivost i trajnost, s tim da je opterećenje atmosfere CO<sub>2</sub> pri korištenju biomase kao goriva je gotovo zanemarivo.

Gospodarske su prednosti biomase iz šumarstva, drvne industrije i poljoprivrede smanjenje uvoza fosilnih energenata i sigurnosti opskrbe energijom, što je jedan od strateških problema svake zemlje. Prema procjenama, ovisnost Hrvatske o uvozu energije će porasti sa 55% uvoza na preko 70% u 2030. godini.

Tablica 2. Usporedba specifičnih troškova goriva

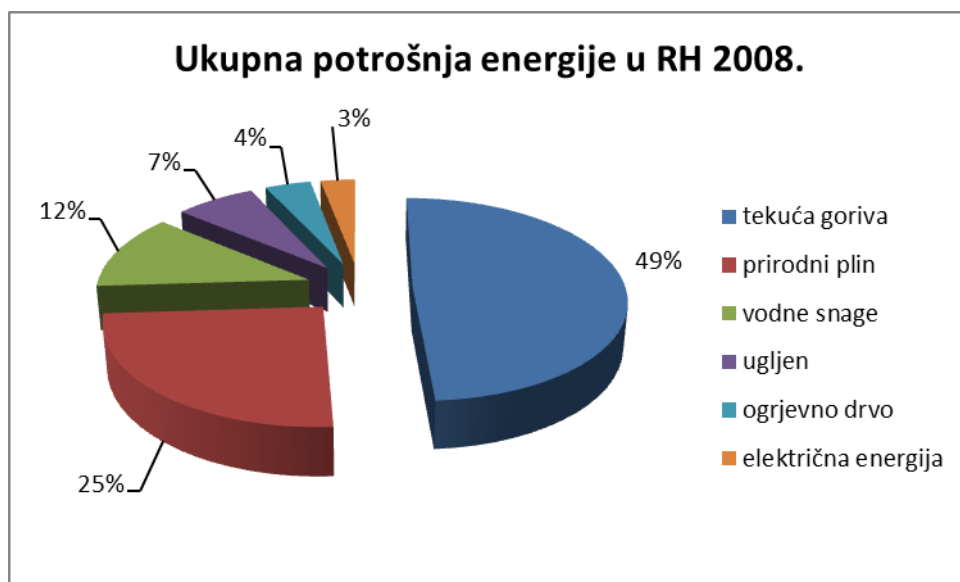
| Energent                                                                                         | Peleti                      | Cijepano drvo <sup>2)</sup>       | Sjeckano drvo <sup>3)</sup>                | Loživo ulje             | Zemni plin <sup>5)</sup>    | Struja                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Cijena                                                                                           | 1.284,80 kn/t <sup>1)</sup> | 365,00 kn/ m <sup>3</sup> (bukva) | 91,98 kn/m <sup>3</sup> (nasipni) (smreka) | 4,38 kn/l <sup>4)</sup> | 4,38 kn/m <sup>3</sup>      | 0,7592 kn/kWh <sup>7)</sup> |
| Sadržaj energije                                                                                 | 5000 kWh/t                  | 2100 kWh/ m <sup>3</sup>          | 865 kWh/ m <sup>3</sup> (nasipni)          | 10 kWh/l                | 10,14 kWh/m <sup>3</sup> 6) | 1 kWh                       |
| Cijena (lp/kWh)                                                                                  | 25,7                        | 17,4                              | 10,7                                       | 43,8                    | 43,8                        | 75,9                        |
| Količina za 20.000 kWh                                                                           | 4 t                         | 9,52 m <sup>3</sup>               | 23,12 m <sup>3</sup> (nasipni)             | 2000 l                  | 1972,4 m <sup>3</sup>       | 20000 kWh                   |
| 1) cijena peleta 1.284,80 kn/t uz dodatak paušala punjenja po isporuci, što odgovara 43,8 kn / t |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 2) isušeno zrakom s 18-20% vlage (uobičajena vrijednost za najbolje sagorijevanje)               |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 3) sjeckano drvo, vrijednosti se odnose na sadržaj vlage od 30%                                  |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 4) bruto cijena, uključujući porez na dodanu vrijednost i sva davanja                            |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 5) bruto cijena, uključujući porez na dodanu vrijednost i sva davanja                            |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 6) ogrjevnost H <sub>u</sub> (H <sub>u</sub> = 11,05 kWh /m <sup>3</sup> )                       |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |
| 7) cijena rada (noćna struja) uključujući porez na dodanu vrijednost                             |                             |                                   |                                            |                         |                             |                             |

Tablica 2 prikazuje usporedbu cijene energenata, sadržaja energije i količine pojedinog energenta za 20 000 kWh. Peleti i cijepanog drvo sadrže najviše energije, međutim gledajući na cijenu, peleti su najskuplji za razliku od struje koja je najjeftinija.

Prednost korištenja biomase u socijalnom smislu je otvaranje većeg broja novih radnih mjesta, što pridonosi razvoju ruralnog, a to je imperativ hrvatske gospodarske i socijalne politike.

Danas Hrvatska troši energije u vrijednosti od 395,94 PJ, od čega uvozna energetska ovisnost Republike Hrvatske iznosi 46%, pri čemu je uvozna bilanca 77% nafte, 100% ugljena, 25% prirodnog plina i 20% električne energije.

Od ukupne potrošene energije u Hrvatskoj, najviše se potroši tekućih goriva (49%), prirodnog plina (25%), vodne snage (12%), ugljena (7%), ogrjevnog drva (4%) i električne energije (3%) (Krička, 2008). Na slici 5 se može vidjeti ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj 2008.



**Slika 5.** Prikaz ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj

Biomasaom se mogu zamijeniti fosilna goriva, te još može poslužiti i kao skladište ugljika. Njezina je uloga prije svega smanjiti koncentraciju stakleničkih plinova. Naime, opterećivanje atmosfere s ugljičnim dioksidom pri izgaranju biomase kao goriva je zanemarivo, budući da je količina emitiranog ugljičnog dioksida prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog ugljičnog dioksida tijekom rasta biljke. Biomasa zajedno sa njezinim produktima nije samo potencijalno obnovljiva, već je dovoljno slična fosilnim gorivima da je moguća izravna zamjena, uzimajući u obzir da je Hrvatska zemlja s izrazito velikim potencijalom biomase za proizvodnju energije (Krička, 2008).

Što se tiče gorivih svojstava, u tablici 3 se vidi da su najviše donje i gornje ogrjevne vrijednosti kod drvenaste biomase, dok poljoprivredna biomasa daje više pepela od šumarskih kultura. Također se može uočiti kako goriva tvar u biomasi nije nužno proporcionalna njezinoj energetskej vrijednosti.

**Tablica 3.** Srednje vrijednosti gorivih svojstava voćarskih, ratarskih i šumskih ostataka

| Skupina uzoraka  | Uzorak                | Voda, % | Pepeo % na s.tv. | Analiza, % na s.tv. |       |      |       |      | Koks, % | C <sub>fix</sub> , % | Goriva tvar, % | Iparljive tvari, % | Hlapiva tvar, % | Gornja ogrjevna vrijednost, MJ/kg | Donja ogrjevna vrijednost, MJ/kg |
|------------------|-----------------------|---------|------------------|---------------------|-------|------|-------|------|---------|----------------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                  |                       |         |                  | C                   | H     | N    | O     | S    |         |                      |                |                    |                 |                                   |                                  |
| Voćarske kulture | Vinova loza           | 8,61    | 2,94             | 48,20               | 5,63  | 0,60 | 45,43 | 0,14 | 22,18   | 19,24                | 88,34          | 69,10              | 0,782           | 17,670                            | 16,441                           |
|                  | Šljiv                 | 7,74    | 3,51             | 49,05               | 5,31  | 0,70 | 44,84 | 0,10 | 24,70   | 21,19                | 90,91          | 69,72              | 0,767           | 17,551                            | 16,718                           |
|                  | Višnja                | 6,56    | 2,98             | 48,92               | 5,85  | 0,67 | 44,46 | 0,12 | 21,75   | 18,77                | 91,43          | 72,66              | 0,795           | 18,381                            | 17,106                           |
|                  | Trešnja               | 3,23    | 2,96             | 50,86               | 4,82  | 0,62 | 43,65 | 0,06 | 27,02   | 24,06                | 92,75          | 68,69              | 0,741           | 17,914                            | 16,862                           |
|                  | Kruška                | 7,73    | 3,53             | 46,66               | 6,25  | 0,92 | 46,06 | 0,27 | 20,77   | 17,25                | 90,03          | 72,79              | 0,809           | 18,038                            | 16,565                           |
|                  | Jabuka                | 6,55    | 2,56             | 46,06               | 6,60  | 0,74 | 46,42 | 0,19 | 20,14   | 17,58                | 91,10          | 73,52              | 0,807           | 18,322                            | 16,883                           |
|                  | Breskva               | 6,78    | 1,81             | 48,13               | 6,25  | 0,53 | 44,89 | 0,20 | 17,79   | 16,17                | 91,86          | 75,69              | 0,824           | 19,091                            | 17,727                           |
|                  | Lješnjak grana        | 5,94    | 2,20             | 49,18               | 5,81  | 0,73 | 44,09 | 0,14 | 19,48   | 17,28                | 90,71          | 73,43              | 0,810           | 18,789                            | 17,368                           |
|                  | Lješnjak jezgra       | 4,58    | 1,88             | 65,82               | 10,10 | 3,14 | 20,50 | 0,41 | 19,40   | 17,52                | 92,25          | 74,73              | 0,810           | 31,723                            | 29,513                           |
|                  | Orah                  | 9,46    | 7,59             | 47,72               | 6,27  | 1,01 | 44,87 | 0,21 | 23,05   | 15,46                | 90,73          | 75,27              | 0,830           | 17,696                            | 16,233                           |
|                  | Smokva                | 9,49    | 6,02             | 45,15               | 6,12  | 1,35 | 47,17 | 0,20 | 21,82   | 15,78                | 84,47          | 68,69              | 0,813           | 16,953                            | 15,602                           |
|                  | Maslina               | 10,19   | 3,93             | 47,10               | 6,41  | 0,82 | 45,46 | 0,21 | 15,81   | 11,88                | 85,88          | 73,99              | 0,86            | 18,304                            | 16,905                           |
| Šumarske kulture | Badem                 | 8,49    | 3,59             | 49,44               | 6,32  | 0,59 | 43,46 | 0,19 | 16,51   | 12,92                | 87,92          | 74,99              | 0,85            | 19,008                            | 17,629                           |
|                  | Smreka                | 4,65    | 1,29             | 47,97               | 6,84  | 0,13 | 44,88 | 0,16 | 13,15   | 11,86                | 91,51          | 79,65              | 0,871           | 19,357                            | 17,363                           |
|                  | Hrast                 | 3,06    | 0,36             | 49,90               | 7,00  | 0,17 | 42,78 | 0,15 | 11,40   | 11,04                | 90,73          | 79,68              | 0,88            | 18,693                            | 17,166                           |
|                  | Bukva                 | 8,41    | 7,11             | 51,40               | 6,0   | 0,71 | 41,80 | 0,11 | 24,16   | 17,05                | 84,48          | 67,50              | 0,799           | 20,527                            | 19,218                           |
|                  | Breza                 | 8,42    | 1,94             | 57,00               | 6,71  | 0,50 | 35,70 | 0,10 | 19,68   | 17,74                | 89,64          | 71,90              | 0,802           | 24,242                            | 22,780                           |
|                  | Bor                   | 7,61    | 5,51             | 52,81               | 6,11  | 0,50 | 40,51 | 0,09 | 25,56   | 20,05                | 86,88          | 66,91              | 0,770           | 21,307                            | 19,976                           |
| Ratarske kulture | Piljevin              | 34,90   | 0,76             | 49,80               | 6,0   | 0,51 | 43,70 | 0,02 | 10,08   | 9,32                 | 64,44          | 55,10              | 0,855           | 20,089                            | 18,780                           |
|                  | Kukuruz               | 8,21    | 5,65             | 48,37               | 4,60  | 0,70 | 46,23 | 0,07 | 31,46   | 25,81                | 86,54          | 60,73              | 0,702           | 17,473                            | 16,469                           |
|                  | Pšenica               | 4,64    | 5,85             | 46,04               | 6,91  | 0,51 | 46,29 | 0,23 | 21,66   | 15,81                | 91,25          | 75,44              | 0,827           | 17,953                            | 16,443                           |
|                  | Soja                  | 7,88    | 8,76             | 48,56               | 4,83  | 1,01 | 45,52 | 0,07 | 32,31   | 23,58                | 83,48          | 59,90              | 0,716           | 16,801                            | 15,746                           |
|                  | Uljana repica         | 0,09    | 3,35             | 45,79               | 6,60  | 0,32 | 47,13 | 0,14 | 21,70   | 18,35                | 96,60          | 78,25              | 0,811           | 16,554                            | 14,617                           |
| Šumarske kulture | Suncokretove sjemenke | 9,15    | 2,84             | 50,40               | 5,50  | 1,11 | 43,0  | 0,03 | 21,66   | 18,82                | 88,01          | 69,19              | 0,786           | 19,950                            | 18,750                           |

Premda se energija iz biomase primarno koristi u ruralnim sredinama, ona je također značajan izvor energije u gradskim i ruralnim proizvodnim sustavima. Kako bi se zadovoljile sve veće potrebe za energijom, naglasak mora biti na učinkovitoj proizvodnji i korištenju biomase da bi se zadovoljile, suvremene potrebe za gorivom. Međutim, proizvodnja biomase za potrebe goriva zahtjeva okolišno održivo iskorištenje površina te integrirani pristup planiranju te da bi se ostvarila ta trajna ravnoteža između iskorištavanja šuma i ukupne proizvodnje biomase, nužno je pridržavati se koncepta održivog gospodarenja šumama, koji je temeljno načelo planiranja i gospodarenja šumama.

## 2. Cilj istraživanja

Utjecaj parametara vlage, mase, volumena i gustoće cijepanog ogrjevnog drva je od presudnog značaja na transport, količinu i cijenu ogrjevnog drva kod komercijalnog poslovanja. Stoga je cilj istraživanja u ovome radu eksperimentalno i teorijski ispitati promjenu gustoće prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva obične bukve (*Fagus sylvatica* L.), uslijed gubitka sadržaja vode kao i očekivane promjene njegove mase i volumena tijekom prirodnog sušenja izlaganjem vanjskim atmosferskim uvjetima.

## 3. Dosadašnja istraživanja

Tisućljećima čovjek koristi drvo kao izvor topline. Obično je kao sirovinu za ogrjevno drvo koristio jasenovinu, hrastovinu, bukovinu i grabovinu, dok je iz drva četinjača upotrijebljavao borovinu i smrekovinu. Ogrjevno drvo proizvedeno iz listača ima veću ogrjevnju vrijednost po kubnom metru od četinjača zbog veće gustoće drva, te samim time je potrebno više količine ogrjevnog drva iz drva četinjača kako bi se dobila jednaka količina toplinske energije koju ima jedan kubni metar ogrjevnog drva listača. Radi bolje gorivosti, drvo mora biti što suhlje, najbolje na 20% sadržaja vode, zato što pretjerana vlaga u drvu uzrokuje podizanje katrana i čađe u dimnjaku, sporije izgaranje drva i povećanje zadimljenosti.

Sadržaj vlage i cijena ogrjevnog drva su obrnuto proporcionalni; niži sadržaj vlage ogrjevnog drva zahtjeva veću cijenu i obrnuto. Prirodno sušenje drva listača i četinjača umanjuje sadržaj vode do 25%. Tijekom procesa prirodnog sušenja, sadržaj energije se povećava za 120% kod četinjača i 45% za listače.

### 3.1. Normiranje glavnih šumskih proizvoda

Norma je priznata mjera za određenu kvantitativnu i kvalitativnu veličinu, odobrenu od strane mjerodavnog tijela. Njenom primjenom je olakšano slobodno kretanje roba, osoba i kapitala te se ujedno proizvođaču olakšavaju dokazivanje sukladnosti njegova proizvoda. Europska norma je norma koju je prihvatila europska normizacijska organizacija, dok je Hrvatska norma ona koju je prihvatilo hrvatsko normirno tijelo. Razlike hrvatskih i europskih normi se zasnivaju na sadržajima čije se promjene očituju u trgovini drvom, procesima prikrajanja drva te preuzimanju i evidenciji šumskih proizvoda (Prka, 2012).

Prema Zečiću (2013), Hrvatska norma može nastati na četiri načina s 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)

Standard je skup svih normi za jedan proizvod i njegov je cilj definirati oblik, dimenziju, kvalitetu i način obrade proizvoda. U SFRJ, oznaka za standard je bila JUS. 1940. godine je donešena Uredba o određivanju i kontrole kvalitete proizvoda. Glavna razlika starih i novih normi počiva na tome da JUS-HRN norme razvrstavaju tehničku oblovinu prema njezinoj namjeni, a HRN EN norme prema njezinoj kvaliteti, ne uzimajući pritom u obzir njezinu buduću namjenu. Razlike normizacije grešaka obloga drva u starom i novom sustavu se očituju u broju obuhvaćenih grešaka, različitosti mjerenja, iskaza i razvrstavanja pojedinih grešaka te detaljnosti razvrstavanja pojedinih grešaka (Zečić, 2013).

2004. godine u Hrvatskoj se osniva javna ustanova za ostvarivanje ciljeva normizacije i obavljanje poslova nacionalne normizacije sa sjedištem u Zagrebu pod nazivom Hrvatski zavod za norme. Hrvatski zavod za norme ima status pravne osobe te od 2005. godine, uredbom Vlade Republike Hrvatske počinje s izdavanjem novih hrvatskih normi.

2008. godine, u Hrvatskoj se osniva Tehnički odbor: čvrsta biogoriva HZN/TO 0-538 kroz tehničku upravu Hrvatskog zavoda za norme. Do 2012. godine svih 36 normi je preko tehničke uprave proglašeno hrvatskim normama te su kao takve postale dostupne normoteci Hrvatskog zavoda za norme (Prka, 2012).

### **3.1.1. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN**

1950. godine, savezni zavod za standardizaciju i način rada donosi uredbu o tehničkim standardima. Pet godina nakon toga se proglašavaju standardi ogrjevnog drva u Jugoslaviji i samim time njihova primjena postaje obavezna. Nakon raspada Jugoslavije, Hrvatska 1991. godine izdaje Zakon o preuzimanju Saveznog zakona o standardizaciji (N.N. br. 53/91), preimenujući standarde u norme te dolazi do prvih primjena normi za drvo i drvene proizvode.

U razdoblju iza drugog svjetskog rata, od 1950. do 1991., odnosno do 1995. i 2008., nastale su sljedeće 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 (Kolarska 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 drvene ploče (HRN D.B5.024 1979).
22. Drvo za izradu celuloze i drvenjače (HRN D.B5.020 1979).

Norma HRN D.B0.022 1984 razvrstava stablo na granjevinu, panjevinu, deblvinu i sitnu granjevinu.

### **Granjevina**

Granjevina predstavlja drvni volumen kore i grana debljih od 7 cm.

### **Panjevina**

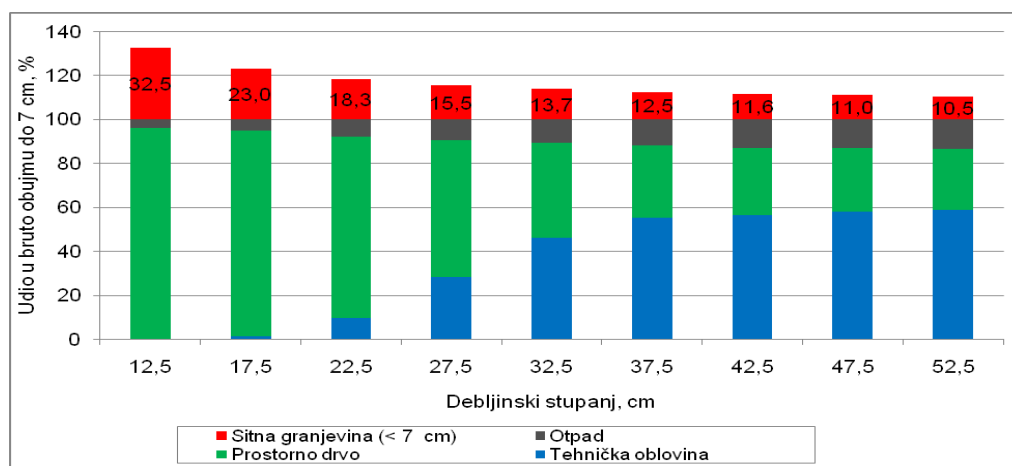
Pod terminom panjevina se podrazumijeva drvni ostatak koji obuhvaća nadzemni i podzemni dio panja te debljih dijelova korijenja.

## Deblovina

Deblovina je definirana kao drveni volumen debla i rašlji od 7 cm naviše,

## Sitna granjevina

Sitna granjevina je okarakterizirana kao drveni volumen grana manji od 7 cm, zajedno s korom (Zečić, 2013).



**Slika 6.** Grafički prikaz postotnog udjela biomase u brutu obujmu stabla  
Izvor: Zečić, 2013.

Na slici 6 se može vidjeti udio šumskih drvnih sortimenata s obzirom na promjer stabla. Sa porastom promjera, raste udio tehničke oblovine, a opada udio prostornog drva. Udio tehničke oblovine se počinje povećavati kod promjera 22,5 cm.

Prema načinu uporabe, stablo se dijeli na drvo za tehničko iskorištavanje, kemijsko iskorištavanje i drvo za ogrjev.

### 3.1.1.1. Drvo za tehničko iskorištavanje prema HRN

Tehničko drvo prema HRN jest dio debla i granja kod kojeg se iskorištavaju tehnička svojstva. Dijeli se na oblo, cijepano i tesano drvo. Oblo tehničko drvo, jest dio stabla koji je zadržao svoj prirodni oblik nakon izrade te je namijenjen za tehničku uporabu. Stoga se oblo tehničko drvo dijeli na trupce, oblu građu i sitno tehničko drvo.



## Trupci za furnir

Trupci moraju biti zdravi, jedri, prirodne boje te bez kvrga, okružljivosti i paljivosti. Dozvoljena je srednja usukanost i ekscentrično srce. Izrađuju se u duljinama od minimalno 2 m, te dalje rastući po 10 cm. Srednji promjer bukovih trupaca za furnir mora biti minimalno 40 cm. Trupci za furnir se klasificiraju u jednu kategoriju.

## Trupci za ljuštenje

Trupci za ljuštenje se izrađuju neokorani, sa otesanim kvrgama na površini plašta. Moraju biti zdravi, jedri, pravilnih godova i ne smiju sadržavati kvрге, pukotine i oštećenja od insekata. Izrađuju se u duljinama od minimalno 2 m, dok je minimalni srednji promjer kod bukve 35 cm. Za bukvu je dozvoljena zdrava neprava srž do 2/3 promjera na tanjem kraju te šuplje srce do maksimalno 10 cm promjera. Bukovi trupci bukve se mogu dogovorno sjeći i ljeti.

## Trupci za piljenje

Bukovi trupci za piljenje se isporučuju minimalne duljine od 2 m i minimalnog promjera 30 cm za 1. klasu, 25 cm za 2. i 3. klasu. Trupci moraju biti bez raspuklina, zimotrenosti i okružljivosti, moraju biti zdravi i jedri. Zdrava neprava srž za bukvu smije iznositi najviše 50% za 1. klasu, 80% za 2. klasu, dok je za 3. klasu neograničena. Trupci se isporučuju s korom, čija se debljina odbija od promjera. Bukovi trupci se u pravilu sjeku zimi i isporučuju do kraja travnja.

## Trupci za pragove

Pragovi se uglavnom izrađuju iz drva hrasta, bukve, bora, ariša i pitomog kestena. Isporučuju se u duljina do 2,5 i 2,6 m, minimalnog promjera od 29 cm. Trupci moraju biti zdravi i pravi. Dozvoljen je neograničen broj zdravih kvrga, zdrava neprava srž do maksimalno 50% promjera trupca, i sunčane napukline i pukotine do dubine od 2cm. Trupci za pragove se sjeku zimi i isporučuju krajem travnja.

## Trupci za kombiniranu namjenu

Trupci za kombiniranu namjenu se koriste kod proizvodnje pragova, furnira i piljene građe. Izrađuju se s namjenom povećanja iskorištenja i lakšeg rukovođenja pri transportu. Kvrge na trupcima moraju biti otesane u plohi površine trupca. Dopuštene greške su definirane normama za odgovarajuće vrste drva i sortimente. Trupci moraju biti označeni slovima KT, čija oznaka mora biti vidljiva i na čelu trupca.

## Prostorno drvo

Drvo izrađeno u obliku cjepanica, gula, oblica i sječenica duljine do 2 m se naziva prostornim drvom. Mjerenjem njegove visine, širine i projekcije duljine složaja, utvrđuje se sadržaj prostornog drva.

## Drvo za drvene ploče

Prema normi HRN D. B5.024 1979, kod izrade drvnih ploča upotrijebljava se drvo četinjača, te drvo mekih i tvrdih listača. Prema obliku može biti prostorno drvo u obliku cjepanica i oblica, oblovina određenih dimenzija, pilanski i šumski ostaci te sječenica. Kod dimenzija cjepanica, duljina iznosi  $1 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$ , s tim da je duljina tetive 10-25 cm. Za dimenzije oblice, duljina je 1 m na više, te promjera 7-25 cm. Drvo za drvene ploče se isporučuje u  $\text{m}^3$  i kg (Zečić, 2013).

## Tehnička oblica

Tehničke oblice se izrađuju iz oblog drva čija su oba kraja prepiljena pilom. Mogu biti promjera od 7 do 12 cm, dok im je duljina iznosi od 0,5 do 1,3 m (Krpan, 1998). Zaokruživanje promjera je na cijele centimetre, a duljine na 10 cm bez nadmjere. Obračunavanje oblovinu se iskazuje kao obujam u  $\text{m}^3$  ili kao masa u kg. Dozvoljene greške su maksimalna zakrivljenost do 2% duljine, zdrava neprava srž do 50% promjera i neograničen broj zdravih sraslih kvrga do 20 mm (Zečić, 2013). Tehnička oblica se po kvaliteti dijeli na 1. i 2. Klasu.

1. klasa obuhvaća oblovinu koja sadrži kvрге svih vrsta i veličina, natrule komade do 10% od isporučene količine, prozuke komade do 30% od isporučene količine, oblovinu čija je usukanost neograničena te čija zakrivljenost s visinom luka može biti do 15 cm.

U 2. klasu kvalitete spadaju oblovina čija je usukanost i zakrivljenost neograničena, natruli komadi do 20% od isporučene količine, prozukli komadi do 50% od isporučene količine te komadi koji su posječeni s jednog ili sa oba kraja (Zečić, 2013).

## **Tehnička cjepanica**

Tehnička cjepanica, odnosno tehničko cijepano drvo jest cjepanica koja je namijenjena daljnjoj preradi. To su komadi drva duljine  $1\text{ m} \pm 5\text{ cm}$ .

Dobivaju se cijepanjem oblog drva promjera 14 cm naviše, koje je s oba kraja prepiljenoo pilom. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 24 cm . Cjepanice se u prometu isporučuju u  $\text{m}^3$  ili kg. (Zečić, 2013).

## **Drvo za drvenu vunu**

Drvena vuna je proizvod izrađen od drvnih strugotina. U Sjedinjenim Američkim Državama termin drvena vuna se upotrebljava za razrede velike kvalitete drvene slame za ambalažu koja je poznata pod nazivom „excelsior“. Prema E. Littelu, najstarija proizvodnja drvene vune je započela 1852. Godine u pokrajini Silesiji, u Poljskoj, gdje je proizvedeno 500 pokrivača za bolnicu u Beču. Pokrivači su izrađeni od borovih iglica.

Glavna primjena drvene vune jest u graditeljstvu, gdje se koristi kao toplinski izolator. Izuzev toga, primjenjuje se kod evaporacijskih hladnjaka kao jastuk za hlađenje, ambalaza kod pakiranja jastuka, krevetnina za kućne ljubimce. Trajnost, vatrootpornost, akustička svojstva te termalna svojstva su svojstva kojima se odlučuje drvena vuna. S obzirom da drvena vuna ima visoki volumen i veliku površinu, uglavnom se aplicira tamo gdje je zadržavanje vlage i vode neophodno. Kako su drvena vlakanca povezana cementom ili magnezitom, drvena vuna je ekološki prihvatljiv materijal s obzirom na činjenicu da ne sadrži organska veziva.

Drvena vuna se izrađuje iz polovnjača, četvrtača ili drukčije skrojenih trupaca jasike, topole ili smreke. Kod proizvodnje jastuka za hlađenje, proizvodi se iz drva jasike<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Wood\\_wool](https://en.wikipedia.org/wiki/Wood_wool)

### 3.1.1.2. Drvo za kemijsko iskorištavanje

Kod drva za kemijsko iskorištavanje, podrazumijevamo dio stabla koji se koristi kod prerade drva kemijskim postupkom.

#### Celulozno drvo

Pod pojmom celulozno drvo, podrazumijevaju se drvni sortimenti i otpatci koji se dobivaju iz vrsta drveća koja su sposobna za industrijsku preradu u celuloznu tvar. Pri tehnologiji izrade celuloze i papira koristi se tanja deblovina. Od drva četinača, to su smrekovina i jelovina, dok su od listača pogodne crna i siva topola, brezovina, vrbovina i lipovina. Četinjače su daleko pogodnije za proizvodnju celuloznog drva od listača, zbog toga što su duljina i širina drvih vlakana četinjača veća nego u drva listača. Za celulozno drvo, mogu se upotrijebiti tanki drvni materijali, prostorno drvo u obliku oblica i cjepanica, oblovina, granjevina, panjevina, drvo zahvaćeno bijelom truleži te drvni otpaci, porupci, okrajci i okorci preostali kod piljenja i obrade drvnih sortimenata (Horvat, 1944).

Dimenzije cjepanica su duljine 1 m  $\pm$  5 cm, dok je kod oblica duljina 1 m na više, zaokruženo 10 cm na niže te promjera od 7 do 25 cm (Zečić, 2013).

Prilikom sječe stabala, stabla boljih tehničkih svojstava se koriste za daljnju preradu i drvenu građu dok se stabla lošijih svojstava koriste za proizvodnju celuloznog drva. Za celulozno drvo, stabla mogu biti iz otvorenog sklopa, jako razgranata stabla, bolesna stabla i stabla premalih za sječu i stabla nižih tehničkih vrijednosti.

Proces izrađivanja celuloznog drva se sastoji od obaranja stabla i njegova čišćenja od grana, okoravanja debela, okrajčivanja i sortiranja. Količina celuloznog drva se iskazuje u m<sup>3</sup> kao volumen ili kao masa u kg.

Za svojstva celuloznog drva, od izrazite su važnosti kemizam, građa drva, sadržaj vode, greške drva, volumna masa i homogenost strukture.

Celuloza je polimer glukoze, građena od povezanih lanaca molekula disaharida celobioze te je njezino učešće u drvu od 40 do 50%. . Pri proizvodnji celuloze za papir, važni su duljina vlakana, promjer stanica i debljina stanične stijenke. Samo celulozno drvo može biti korištena kao osnovna sirovina za drvene proizvode, tipa OSB ploče te je njegova potražnja nadmašila očekivanja s obzirom da

zadovoljava brojne ekološke zahtjeve. Najvažniji parametar pri proizvodnji celuloznog drva jest duljina vlakanaca (Horvat, 1944).

### 3.1.1.3. Drvo za ogrjev

Ogrjevno drvo je svako drvo koje je namijenjeno proizvodnji topline te nije tehnički upotrebljivo. Prema Prki (2012), pod pojmom ogrjevno drvo se podrazumijevaju svi drvni sortimenti ogrjevnog, celuloznog i drva za drvene ploče do najmanjeg promjera s korom od 7 cm propisani HRN EN normom i obuhvaćeni Cjenikom glavnih šumskih proizvoda HŠ d.o.o. S obzirom na sadržaj vode, ogrjevno drvo može biti u sirovom ili suhom stanju. Sirovo drvo za ogrjev se upotrebljava kada je prošlo 4 mjeseca od sječe, dok je kod suhog drva za ogrjev prošlo najmanje 6 mjeseci od sječe. Što se tiče vremena sječe, drvo razvrstavamo na:

- Zimske sječe, drvo oboreno od 1.10. do 31.3.
- Ljetne sječe, kad je oboreno od 1.4. do 30.9.

Prema kvaliteti sječe, ogrjevno drvo se dijeli:

- 1. klasa – u kojoj su dopuštene kvrgе svih vrsta i veličina, natrulost do 10% od isporučene količine, 30% prozuklih komada te neograničena usukanost.
- 2. klasa – u koju spadaju sve cjepanice i oblice koje ne pripadaju 1. Klasi, gule duljine od 0.5 do 1,2 m te debljine 25 do 40 cm. Dopuštene su usukanost i zakrivljenost, 50% prozuklih i 20% trulih komada od isporučene količine te sve vrste kvrga.

Prema obliku ogrjevnog drva, razlikujemo ogrjevno drvo u obliku *cjepanica*, *oblica*, *gula*, *sječenica*, *otpadaka* i *panjevine*.

### Cjepanice

Cjepanice su komadi drva dobiveni cjepanjem oblog drva promjera 14 cm naviše, čija su oba kraja prepiljena pilom. Duljina cjepanica iznosi  $1\text{ m} \pm 5\text{ cm}$ , dok im je širina 12 do 20 cm.

## Oblice

Oblice su komadi drva dobiveni izradom iz oblog drva, prepiljena na oba kraja. Duljina im iznosi 1 m - 5 cm, a promjer od 7 do 12 cm.

## Sječenice

Sječenice su komadi drva promjera 3 do 7 cm, a izrađuju se iz oblog drva koje je presječeno na oba kraja sje kirom. Duljina im se kreće od 0,9 do 1,2 m. Dopuštene su kvrgе, te prozukli i natruli komadi do 30% isporučene količine (Zečić, 2013).

## Gule

Gule su kvrgavi komadi drva koji se ne daju dalje cjepati. Mogu biti duljine od 0,5 do 1,2 m i debljine do 40 cm.

## Panjevina

Panjevina je komad drva koji je izrađen cjepanjem panja debljine 15 do 40 cm. mora biti zdrava i čista. Dopušteno je 30% prozuklih i natrulih komada, te nečistoće do 5% od volumena drva.

## Otpaci

Otpaci mogu biti debljine 0,5 do 25 cm, širine 2 do 25 cm i duljine 15 do 120 cm, a nastaju otpadanjem komada drva pri sječi, koranju i rezanju drva u šumi ili pilani. Dopušteno je 30% natrulih i prozuklih komada (Krpan, 1998).

Prema Krpanu (1998), ogrjevno drvo se može još koristiti kao materijal za *preradu, za suhu destilaciju i za generatore*.

### Drvo za suhu destilaciju

može se uporabiti drvo za ogrjev od tvrdih listača 1. i 2.. klase sječenice.

### Drvo za generatore

ogrjevno drvo se izrađuje iz pomiješanih vrsta i k tome je usitnjeno na mjere 4 x 5 x 7 cm. Usto mora biti zdravo, bez piljevine i drugih nečistoća. Isporučuje se u jedinici kg.

### Drvo za dobivanje terpentina i kalofonija

koristi se panjevina četinjača promjera do 10 cm, bez korijenja i žila. Panjevina mora biti očišćena od pijeska, kamenja, zemlje i truleži. Također mogu poslužiti i otpaci za dobivanje terpentina i kalofonija.

Ogrjevno drvo se isporučuje s korom u m<sup>3</sup> ili u kg. Prostorno drvo složaja se svodi na m<sup>3</sup> pomoću pretvorbenih koeficijenata.

**Tablica 4.** Koeficijenti pretvorbe drvnih sortimenata

|                           |                             |                             |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Tehnička cjepanica</b> | 1 prm = 0,80 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1,25 prm |
| <b>Tehnička oblica</b>    | 1 prm = 0,75 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1,35 prm |
| <b>Celulozno drvo</b>     | 1 prm = 0,70 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1,43 prm |
| <b>Pilanski otpad</b>     | 1 prm = 0,69 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 2 prm    |
| <b>Šumski ostaci</b>      | 1 prm = 0,40 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 2,5 prm  |
| <b>Panjevina</b>          | 1 prm = 0,45 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 2,22 prm |
| <b>Sječenica</b>          | 1 prm = 0,55 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1,82 prm |
| <b>Sječka</b>             | 1 prm = 0,37 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 2,7 prm  |
| <b>Ogrjevno drvo</b>      | 1 prm = 0,65 m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1,54 prm |

U neki zemljama se ogrjevno drvo prodavalo na „stere“, koji odgovara veličini od jednog kubnog metra. Pojam „stere“ je uveden 1793. godine u Francuskoj kao ekvivalentnu mjeru za kubik. Stere se upotrijeblijavao kod mjerenja velikih količina ogrjevnog i izrađenog drva te ne spada u SI jedinice<sup>2</sup>.

## 3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN

Sustav normi HRN EN je pravovažeći za drvoprerađivački i šumarski sektor, no primjena tih normi nije obvezujuća, već ugovori između prodavača i kupca. U razdoblju od 2009. do 2012. godine je objavljena većina EN normi za oblo i piljeno drvo te čvrsta biogoriva.

<sup>2</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Stere>

### 3.1.2.1. Drvo za tehničko iskorištavanje prema HRN EN

Prema HRN EN, kod drva za tehničko iskorištavanje važe sljedeće norme:

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 drвне 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.

Prema normi HRN EN 1316-1:2012, Razvrstavanje po kakvoći -- 1.dio: Hrast i bukva, bukva ima 4 razreda kvalitete: A, B, C i D. Po toj se normi bukva se razvrstava prema kvaliteti i označuje se razred izrađenog oblog drva bukve u obliku trupca ili dugoga drva. Glavno načelo razvrstavanja jest da je svako oblo drvo zasebno odvojeno teoretskom točkom prereza (mjestom na deblu kojem je vizualno određen prerez u postupku prekrajanja), te se razvrstava po dimenzijama, veličini i raspodjeli određenih karakteristika (Zečić, 2013).

Razvrstavanjem se ne naznačuje uporaba razreda, već samo određivanje kakvoće bukve.

- Razred A

U razred A spada bukva najbolje kvalitete; to je prvi trupac čistog drva ili trupac s manjim brojem grešaka koje ne umanjuju njegovu uporabu.

- Razred B

U ovaj razred spada bukva normalne do najbolje kvalitete. Dopusšten je prosječan broj kvrga.

- Razred C

Ovdje spada drvo normalne do niske kvalitete. Dopusštene su sve greške koje ne umanjuju prirodne karakteristike drva.

- Razred D

U razred D spada drvo koje se može ispiliti u iskoristivo, ali se zbog svojih kvalitativnih osobina kvalitete ne može svrstati u razrede A, B ili C (Zečić, 2013).

### 3.1.2.2. Čvrsta biogoriva

Ulaskom Hrvatske u Europsku Uniju 2013. godine, ona preuzima i europske norme. Europskim normama, ogrjevno je drvo svrstano u kategoriju HRN EN 14588:2010 „Čvrsta biogoriva“. Kod ovih normi je naglasak stavljen na naziv, definiciju i opis.

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

Cijepanje drva omogućuje potpunu penetraciju vakuuma iz svih kuteva kroz drvo, čime pridonosi boljem sušenju drva. Za ogrjevno drvo je od velike važnosti da se bitno smanji sadržaj vlage, zbog toga što je sirovo drvo sklono tinjanju te slabom izgaranju, što rezultira oslobađanju male količine topline. Izuzev toga, cijepanje drva omogućava lakše skladištenje i rukovanje zbog manjih dimenzija drva<sup>3</sup>.

### 3.2.1. Sječa i izrada drva

Radnik sjekač prije obaranja stabla treba prvo potražiti i selektirati stablo te odrediti smjer kojim će stablo pasti nakon zasjeka. Zatim oblikuje žilište i izvodi zasjek koji omogućuje nesmetanu rotaciju stabla u početnom stadiju padanja. Slijedi

---

<sup>3</sup> <http://www.firewood-for-life.com/>

potpiljivanje stabla čime se prepiljuju drvena vlakanca i potom se krešu grane motornom pilom ili ponekad sjekirom, nakon čega dolazi do prikrajanja odnosno razmjeravanja drva kod panja ili na pomoćnom stovarištu (Krpan, 1998).

Kod sječe stabala postoje tri tipa tehnologije: ručna sječa, ručno-strojna sječa i strojna sječa drvnih sortimenata. Ručna sječa se primjenjivala prije inovacije motornih pila u šumarstvo do 1960. Godine, dok se ručno strojna i strojna sječa primjenjuju svakodnevno u Hrvatskoj. Strojna sječa je prvi put uvedena 2001. u području Šumarije Ogulin pri radu harvestera. Metode koje se primjenjuju u pridobivanju drva su stablovna metoda, deblovna metoda, poludeblovna metoda, sortimentna metoda, kombinirana metoda, metoda iveranja, metoda izrade snopova i metoda baliranja (Zečić, 2013).

Osim deblovne, sortimentna metoda pridobivanja drva je najstarija metoda sječe i izrade te se prikrajanje i izrada drvnih sortimenata odvija u sječini pored panja. Na pomoćnom stovarištu se sortiraju i slažu drveni sortimenti prema vrsti drva i kvaliteti (Zečić, 2013).

Nakon što se drvo izvuklo iz sastojine, sortira se i transportira do stovarišta gdje se dalje kroji po željama kupaca.

### **3.2.2. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja**

Nakon obaranja stabla i izdvajanja tehnički vrijednijeg drva (tehničke oblovine), slijedi od preostalog dijela izrada drva za ogrjev.

Izrada se obavlja na sječini, mjestu gdje je oboreno stablo iz kojeg se izrađuje drvo za ogrjev, te se izrađeno drvo na kraju otprema kupcu. Ogrjevno drvo se prekrajčuje motornom pilom, a potom dorađuje ručnim cjepačima. Nakon izrade ogrjevnog drva, ono se slaže i prirodno suši.

Ručno cjepanje drva je najstariji način pridobivanja ogrjevnog drva. Taj način ne iziskuje potrošnju goriva ni skupa ulaganja već se oslanja na čovjekovu snagu. Premda je danas razvijena i specijalizirana tehnologija izrade ogrjevnog drva, ručni cjepači drva su kompaktni, lakši, jednostavni pri transportu te su jeftini s obzirom na mehanizirane cjepače.



### 3.2.2.1. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva

#### Sjekira

Sjekira je alat koji se koristi tisućljećima za pridobivanje ogrjevnog drva. Razdvaja drvo na dva dijela pomoću oštrice na koji je vršen pritisak te joj je svrha odvajanje drvnih valakanaca, a ne njihovo rezanje. Sastoji se od glave sjekire i drške. Drška se tradicionalno izrađivala od elastičnih tvrdih vrsta drva kao što je jasen, no kasnije se počela izrađivati i od trajnih sintetičkih materijala<sup>4</sup>. Najnoviji modeli sjekira sadrže drške od karbonskih vlakna, što omogućuje znatno lakše zamahe i iziskuje manje snage kod cjepanja drva<sup>5</sup>



**Slika 7. Sjekira**

**Izvor:** <http://c8.alamy.com/comp/BHKF0Y/axe-and-wood-in-shed-at-hut-kungsleden-trail-lapland-sweden-BHKF0Y.jpg>

#### Bat za cjepanje

Bat je alat dugačke drške i glave čija je jedna strana malj, dok druga nalikuje glavi sjekire. Sama glava bata teži do 4 kg i ima oblik klina, mada u novije vrijeme se sve češće proizvodi bat sa konusnom glavom<sup>6</sup>. Drške se izrađuju od američkog oraha, plastike ili karbonskih vlakana. 70.-ih godina prošlog stoljeća, patentiran je takozvani „čudovišni bat“ koji se sastoji od nelomljive metalne drške i trokutaste glave. Jedina mana bata za cjepanje je njegova velika težina<sup>7</sup>.

<sup>4</sup> <http://www.firewood-for-life.com/>

<sup>5</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Axe>

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Splitting\\_maul](https://en.wikipedia.org/wiki/Splitting_maul)

<sup>7</sup> <http://www.firewood-for-life.com/>



**Slika 8.** Bat za cjepanje

Izvor: [http://www.osograndeknives.com/images/products/large\\_4244\\_GB450-Splitting-Maul.jpg](http://www.osograndeknives.com/images/products/large_4244_GB450-Splitting-Maul.jpg)

### Ručni hidrulični cjepač

Ručni cjepač koristi hidraulični klip koji se zabija u drvo i na taj način ga razdvaja. Ručni cjepač je jeftiniji i lakši nego benzinski hidraulični cjepač, no nedostatak je što je potrebno više vremena od benzinskog hidrauličnog cjepača da se iscijepa drvo<sup>8</sup>.



**Slika 9.** Ručni hidraulični cjepač

Izvor: <http://i.ebayimg.com/images/i/290946457021-0-1/s-l1000.jpg>

### Ručni cjepač sa kliznim kladivom

Cjepač sa kliznim kladivom djeluje na sljedeći način: klin je pričvršćen na stupu, te se zatim pušta kladivo koje pada na klin i tako ga zabija u drvo. Prednost ovakvog cjepača je njegova efikasnost, cijena, mala težina, jednostavan transport i sigurnost pri radu. Uglavnom se koristi za cjepanje četinjača i drva malog promjera<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> <http://www.firewood-for-life.com>

<sup>9</sup> <http://www.firewood-for-life.com>



**Slika 10.** Ručni cjepač sa kliznim kladivom  
Izvor: <http://www.firewood-for-life.com>

### Motorna lančana pila

Motorna pila je prijenosna mehanička pila čiji je cilj rezanje obradka pomoću seta zubi koji su pričvršćeni na lanac što se pokreće na vodilici. Upotrebljava se za sječu stabla, potkresivanju grana i prekrajanju obloga drva. Motorna pila se sastoji od motora, vodilice i lanca. Motor je uglavnom dvotaktni benzinski, sa cilindrom obujma od 30 do 120 cm<sup>3</sup>



**Slika 11.** Motorna pila  
Izvor: <http://www.forestandarb.com/res/Stihl%20MS201T%20Chainsaw.gif>

### 3.2.3. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom

Za razliku od jednostavnih alata za obradu drva, mehanizirani strojevi za izradu ogrjevnog drvnu su pogonjeni hidraulikom, te im je prednost nad jednostavnim alatima za izradu ogrjevnog drvna jednostavnost, efikasnost i brzina izrade.

## Hidraulični cjepač



**Slika 12.** Hidraulični cjepač

**Izvor:** <https://dccb75d8gej24.cloudfront.net/images/products/03/030710045/7A3B5670-FA48-4FB6-98D1-9F0BF7162247-large.jpg>

Najčešći način izrade ogrjevnog drva je pomoću hidrauličnog cjepača koji može lakoćom doraditi velike količine ogrjevnog drva. Prednost im je što osim cjepanja četinjača i listača, mogu cjepati drvo koje sadrži kvрге, što predstavlja problem kod ručnog cjepanja. Mogu biti pogonjeni putem električnog motora, dizel motora ili benzina te sa ili bez traktora<sup>10</sup>.

Obično se pokreću na četverotaktni benzinski ili dizel motor, u nekim slučajevima i električni motor, te se usto mogu priključiti na traktor. Bez obzira na izvor napajanja, hidraulično ulje se dovodi u motor reguliranjem ventila kojeg kontrolira radnik na cjepaču. Nakon toga ulje, koje je pod pritiskom, pokreće hidraulični klip koji cjepa drvo. Pojedini cjepači sadrže dvije razine pumpe, što omogućuje dvije brzine rada i samim time je moguće veću količinu drva cjepati u manjem vremenskom intervalu. Većina hidrauličnih cjepača sadrži pneumatske gume i kuku za vuču kako bi što lakši i brži bio transport.

Hidraulični cjepači sjeku drva u vertikalnom i horizontalnom smjeru, no prema većini stručnjaka, koristi se cjepanje okomito na drvo jer je brže i jednostavnije. Međutim, kod velikih trupaca primjenjuje se vertikalni smjer cjepanja zbog toga što trupce tad ne treba podizati na cjepač<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Log\\_splitter](https://en.wikipedia.org/wiki/Log_splitter)

<sup>11</sup> <http://www.firewood-for-life.com>

### 3.2.4. Mehanizirana izrada u postrojenju

Porastom tržišta za ogrjevno drvo, povećava se opseg proizvodnje ogrjevnog drva, što zahtjeva veći prostor za proizvodnju ogrjevnog drva, stovarišta sirovine i gotovih proizvoda, te na kraju adekvatnu opremu i strojeve. Strojevi i oprema za postrojenja s namjenom za izradu ogrjevnog drva iziskuju veća ulaganja i investiranja, no udovoljavanjem tih uvjeta, osiguran je stabilan i neprekinut tok proizvodnje drva za ogrjev.

#### 3.2.4.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju – primjer 1

Proizvodnja ogrjevnog drva u postrojenjima obuhvaća:

- prihvrat sirovine
- piljenje i cjepanje drva
- sušenje drva
- skladištenje



**Slika 13.** Prihvat sirovine

Izvor: <http://www.polarson.com/firewood-production-process.html>

Višemetarsko ogrjevno drvo se kupuje od privatnih šumskih veleposjednika, trgovaca drvnom sirovinom te državnih institucija. Višemetrica se zatim dostavlja



kamionima na stovarište, gdje se obavlja izmjera i odlaganje. Potom se višemetrica pili i cijepa na ogrjevnom prerađivaču.

Ogrjevni prerađivač je stroj specijaliziran za sječu i izradu ogrjevnog drva te ga karakterizira minimalno ručno rukovanje. Sastoji se od četiri dijela, od kojih svaki dio obavlja svoju funkciju. Proces izrade ogrjevnog drva započinje sa naslagom višemetrice koja se kroji na odgovarajuću duljinu, obično od 3 do 3,7 m. Višemetrica se utovarivačem ili bagerom sa kukom složi na prihvatni transporter sa kojeg se mehanički povlači prema mjestu gdje se pozicionira tako da se iz nje mogu izrađivati kratki obradci za cijepanje (oblisce). Obično im duljine iznose 25, 33 ili 50 cm. Višemetrica se može prikraćivati na više načina: hidraulički upravljanom, motornom pilom (chainsaw harvester bar), strojem koji sadrži kružnu pilu velikog promjera (slasher saw) ili sa takozvanom „giljotinom“, koja je pogonjena na motorni pogon ili hidrauliku. „Slasher“ pila je okarakterizirana brzinom i efikasnošću, te ne iziskuje puno održavanja.

Nakon prikraćivanja, obradci za cijepanje se pozicioniraju na klin koji ih cijepa na dva ili deset dijelova, zavisno o promjeru obradka. Na kraju se trakastim konvejerom (elevatorom) cjepanice transportiraju na kamion ili složaj drva. Ogrjevnim prerađivačem obično upravlja jedan radnik.

Izlazni kapacitet ogrjevnog utovarivača zavisi o veličini i cijeni stroja. Od prerađivača koji košta 10 000 \$ moguće je izraditi jedan kubik ogrjevnog drva na sat, pa do prerađivača cjenovnog ranga od 100 000 \$ koji izrađuje pet ili šest kubika ogrjevnog drva na sat<sup>12</sup>.



**Slika 14.** Ogrjevni prerađivač

<sup>12</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood\\_processor](https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood_processor)

Izvor: <http://www.greatlakesloggingandfirewood.com/dyna-firewood-processors.html>



**Slika 15.** Rad na ogrjevnom prerađivaču

Izvor: <http://www.polarson.com/firewood-production-process.html>

Kako su obično cjepanice u sirovom stanju, mora im se smaniti sadržaj vode na oko 20%. To se može postići prirodnim sušenjem drva, koje traje relativno dugo, ili se može sušiti u specijalnim komorama za sušenje. Kod specijalnih komora za sušenje u kojima temperatura iznosi 70° C, koriste se precizni digitalni uređaji kako bi se stalno provjeravala razina temperature i relativne vlage u drvu. Kroz određeno vrijeme, drvo se suši u komori dok mu se sadržaj vode ne spusti na željenu razinu.



**Slika 16.** Mjerenje sadržaja vode u cjepanici

Izvor: <http://www.polarson.com/firewood-production-process.html>

Posljednji korak u proizvodnji ogrjevnog drva je sortiranje prema kvaliteti, pakiranje i skladištenje. Ogrjevno drvo se pakira u mrežaste ili plastične vreće, kartonske kutije ili se slaže na palete. Ovdje se koriste posebni uređaji za pakiranje kako bi se što bolje osigurala količina drva u jednoj isporuci, odstranio broj prevelikih

komada i pospješila brzina pakiranja. Na kraju se spakirano ogrjevno drvo odlaže na palete i omotava posebnom plastičnom folijom ili mrežom<sup>13</sup>.



**Slika 17.** Skladištenje ogrjevnog drva

Izvor: <http://www.polarson.com/firewood-production-process.html>

#### **3.2.4.2. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju – primjer 2**

Nakon sječe drvnih sortimenata u šumi, sirovina se transportira u obliku višemetrice na stovarište. Na stovarištu se odvija proizvodnja ogrjevnog drva, što samim time predstavlja najjednostavniji proizvodni proces izrade ogrjevnog drva zbog toga što je dovoljan mali proizvodni prostor te se iziskuje malen broj radnika. Nakon istovara sirovine, dio višemetrice se pohranjuje u međuskladišni prostor, dok drugi dio se prekrajčuje motornim lančanim pilama na metricu, to jest, na duljinu od jedan metar.

---

<sup>13</sup> <http://www.polarson.com/firewood-production-process.html>





**Slika 18.** Stovarište oblovine i prekraćivanje višemetrice motornom pilom na metricu

Metrica se dalje cjepa pomoću hidrauličnog cjepača. Proces je jednostavan i dovoljna je jedna osoba da upravlja cjepačem, dok se cjepač prilagođava prema zadanim dimenzijama drva, kao i broj oštrica s obzirom na količinu cjepanica koje se kane proizvesti. Količina metrice koja se dostavlja kupcima ide na međufazno skladištenje.



**Slika 19.** Cjepanje metrice hidrauličnim cjepačem i njezino međufazno skladištenje

Zatim slijedi prekrajanje tračnim pilama na duljinu prema zahtjevima kupaca, te se kasnije gotove cjepanice slažu i skladište na palete dimenzija 1 x 1 x 1,80 m.



**Slika 20.** Piljenje metrice tračnom pilom na zadanu duljinu (lijevo) i složena paleta kratkih cjepanica (desno)

Na kraju se utovarivačem prenosi paleta na dio stovarišta sa gotovim proizvodima.



**Slika 21.** Utovar paleta i otprema

### 3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva

Kako je šuma obnovljivi, no nažalost dugotrajnom obnovom ograničeni resurs, nužno je njezino maksimalno iskorištenje te ostvarenje najveće vrijednosti od posječenih stabala uz što manje troškove.

Na uspješnost izrade ogrjevnog drva utječu sljedeći čimbenici: greške drva, debljina kore, visina debla, prikrajanje tehničke oblovinne, utjecaj gospodarenja na sortimentnu strukturu vrste sijeka te utrošci vremena u izmjerama kod određivanja sortimentne strukture sječine (Prka, 2009).

Kod iskorištavanja šuma, nužno je izrađivati sortimenta iz zone krupnog drva, čiji je promjer zajedno s korom 7 cm. Kora je bitan čimbenik gubitka pri sječi i izradi, no varijabilan je kod listača i četinjača. Gustoća kore kod drva u sirovom stanju je veća od gustoće samog drva, zbog toga što kora ima veći sadržaj vode. Zato je kora važan faktor kod prodaje ogrjevnog drva, s obzirom da se prostorno drvo isporučuje s korom. Kod izrađivanja sortimenata iz drva četinjača, proizvod se isporučuje bez kore, koja inače čini otpad, te se tako otvara mogućnost iskorišćenja kore kao sekundarne sirovine. Iskorišćenje pri sječi i izradi sortimenata iz drva hrasta lužnjaka je 80% u odnosu na drvni obujam krupnog drva.

Drvo je porozno, što znači da njegov volumen nije ispunjen drvnom tvari, već vodom u kojoj su otopljene mineralne tvari. U drvu postoji slobodna i vezana voda; slobodna voda se najlakše odstranjuje te se nalazi u porama i staničnim šupljinama, dok se vezana voda nalazi u staničnim stijenkama. S obzirom na sadržaj vode u drvu, razlikujemo provelo, prosušeno i suho drvo. Kod provelog drva, drvo je izgubilo svu svoju slobodnu vodu te se sadržaj vode kreće od 22 do 40%. Prosušeno drvo je izgubilo slobodnu vodu i dio vezane vode, te se dijeli na zrakosuho (sadržaj vode od 12 do 18%) i sobosuho (sadržaj vode 8-12%). Suho drvo je na umjetan način sušeno do konstantne mase te njegov konačni sadržaj vode iznosi 0%. U poslovanju se za termin suho drvo podrazumijeva prostorno drvo koje je prirodno sušeno više od 6 mjeseci.

Za sušenje drva od iznimne je važnosti točka zasićenosti vlakanaca, odnosno granica između slobodne i vezane vode. Prosušenost drva oscilira oko higroskopske ravnoteže drva, koja je ujedno ovisna o adsorpciji i desorpciji vezane vode. Proces adsorpcije i desorpcije se mijenjaju s obzirom na vanjske uvjete, pa je samim time gustoća drva varijabilna veličina. Za kretanje vode u drvu zaslužna je difuzija, koja je 10 do 15 puta veća u smjeru vlakanaca u odnosu na smjer okomito na vlakanca. Smanjivanjem sadržaja vode drvo postaje lakše, zbog toga što u pore drva umjesto vode ulazi zrak koji je neznatne volumne mase te su samim time drvni sortimenti lakši za rukovanje, utovar, transport i manji je utrošak za istu volumnu mjeru (Zelić, 2005).

Gustoća drva je obrnuto proporcionalna s poroznošću drva, dakle što je veća gustoća drva, manja je poroznost drva. Na gustoću utječu vrsta drva, starost stabla, stanište, kemizam, građa drva i dr. Utvrđivanje gustoće drva s obzirom na vrijeme prirodnog sušenja drva je njezino povezivanje volumne mjere, po kojoj se izrađuje prostorno drvo. Na smanjivanje gustoće utječe i dužina ogrjevnog drva. Prema Zeliću i Međugorcu (2001), signifikantna razlika se pojavljuje samo za hrast kitnjak i brezu, kod dužina 20 i 200 cm. Njihovo istraživanje je provedeno na 5 vrsta drveća: hrast kitnjak, bukva, breza, grab i topola. Ti drvni sortimenti u obliku oblovine su izrađeni u duljinama 20, 100 i 200 cm te promjera između 15 i 20 cm. Volumen su računali stereometrijski, prema formuli valjka.

Kako bi dobili preciznije mjerenje volumena, mjerili su opseg s korom na početku, sredini i kraju duljine sortimenta. Mjerenje mase su proveli pomoću elektronske vage, preciznosti do 0,10 kg. Prvo mjerenje mase su proveli odmah nakon sječe i izrade drva, te su ritam mjerenja mase provodili svakih 7 dana.

Kako od sječe i izrade do prodaje prostornog drva prođe nekoliko mjeseci, nastaje gubitak zbog usuha. Rezultati istraživanja koje su proveli Zelić i Međugorac, ukazuju da tijekom prirodnog sušenja ogrjevnog drva vanjski uvjeti značajno usporavaju tijek prirodnog sušenja drva. Gustoća drva je bila uvjetovana klimatskim promjenama, a masa drva je nerijetko bila veća nego što je bila kod prethodnih vaganja. Prema njihovim rezultatima istraživanja, gustoća drva za bukove sortimente duljine 20 cm se kretala u rasponu od 812,94 do 1083,93 kg/m<sup>3</sup>.

Zaključili su da je dovoljna jedno vaganje ogrjevnog drva i poznati vremenski period od sječe do vaganja, pa se pomoću tih parametara može jednostavno odrediti gustoća drva na sirovo, odnosno prosušeno stanje ogrjevnog drva određene vrste drva, a volumen ogrjevnog drva ostaje isti tijekom procesa sušenja.

Zanimljivo je ovdje spomenuti da postoji i racionalniji način korištenja oblog cijepanog ogrjevnog drva, a to je za obradu u pilanama pri izradi drvnih elemenata. Istraživanja koja je proveo Nikolić (1977) pokazuju da oblik cjepanica vrlo malo utječe na povećanje postotka iskorištenja dok krupniji, a pravilniji oblici u pravilu imaju veći postotak iskorištenja. Kod obrade oblica potrebno je utrošiti čak 20% više vremena nego kod obrade cjepanica, polovnjača i četvrtača zbog nepodobnog oblika sirovine za obradu. Povećanje iskorištenja, učinka i samim tim ekonomičnosti proizvodnje, treba tražiti u pravilnoj izradi samih cjepanica, kao i u pravilno odabranim dimenzijama pilanskih proizvoda koji će se iz takve sirovine izrađivati (tablica 5).

**Tablica 5.** Prosječno kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena pri raspiljivanju bukovog prostornog drva različitih oblika (Nikolić i dr. 1977)

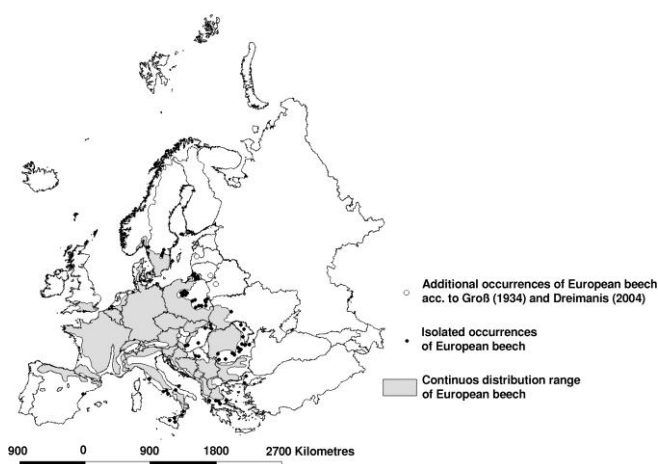
| Oblik prostornog drva                  | Kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena |                                                              |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                        | Kvantitativno iskorištenje [%]               | Utrošeno vrijeme po jedinici proizvoda [min/m <sup>3</sup> ] |
| Standardne cjepanice različitih oblika | 36,88                                        | 433,5                                                        |
| Četvrtine i polovine                   | 36,78                                        | 571                                                          |
| Oblice                                 | 36,81                                        | 750                                                          |

## 4. Objekt i metode istraživanja

### 4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve

Drvo trgovačkog naziva obična bukva ili europska bukva pripada botaničkoj vrsti *Fagus sylvatica* L., iz porodice Fagaceae. Strani nazivi su buche, Gemeine Buche (Njemačka), beech (Velika Britanija, SAD), hêtre (Francuska), faggio (Italija) (Vidaković, 2003). Bjelogorično je drvo, najrasprostranjenija je vrsta drva u Hrvatskoj. Bukva u Hrvatskoj ima na otprilike 1,1 mil. ha (56% površine šuma) mješovite bukove šume sa kitnjakom (700 000 ha), čiste bukove šume (250 000 ha), šume bukve i jele (165 000 ha). Za Hrvatsku su zanimljive tri vrste: *Fagus sylvatica* L. – obična bukva, *Fagus orientalis* Lipski – azijska bukva, *Fagus sylvatica* ssp. *Moesiaca* (Maly) Czechtz – balkanska bukva<sup>1</sup>.

Bukva je prirodno rasprostranjena, s obzirom na horizontalni smjer od Atlanskog oceana preko zapadne i srednje Europe do Karpata. Nalazimo je na većem dijelu Balkanskog poluotoka, Sicilije, centralnog dijela Apeninskog poluotoka, Korzike i Pirineja na sjeveru do južne Skandinavije. Rasprostranjenost bukve u Europi je prikazana na slici 22. Kod nas je dominantna u brdskim i planinskim područjima Like, Gorskog Kotara, Papuka, Psunja, Bilogore, Kalnika, Medvednice, Ivanšćice i Macelja. Susrećemo je i u submediteranskom području<sup>2</sup>.



Slika 22. Rasprostranjenost bukve u Europi

Izvor: <http://forestry.oxfordjournals.org/content/80/4/413/F1.large.jpg>

<sup>1</sup>[http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezb a%201\\_%20Bukva-prezentacija.pdf](http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezb a%201_%20Bukva-prezentacija.pdf)

<sup>2</sup>[http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezb a%201\\_%20Bukva-prezentacija.pdf](http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezb a%201_%20Bukva-prezentacija.pdf)



Drvo je bjelkasto do vrlo blijedo smeđe, a stajanjem na zraku potamni do lagano crvenkasto smeđe boje. Neka stabla bukve imaju središnji dio tamnije boje, poznatije kao crveno srce, odnosno fakultativno obojene srži.

Stablo bukve najbolje uspijeva u umjereno toploj klimi sa dosta padalina. Kod nas je zbog toga najraširenija na sjevernim padinama planina, međutim ima je i na rubu submediteranskog područja, te na južnim i zapadnim stranama, gdje su padaline zbog veće nadmorske visine obilne.

Stablo obične bukve je visoko do 40 m, dok visina debla može doseći od 15 do 20 m. Srednji promjer debla se kreće od 0,9 do 1 m. U ranijoj fazi, krošnja bukve može biti stožasta, kasnije metlasta, sa jakim granama koje rastu pod kutem nešto većim od 45°. Kora mlade bukve je glatka, tamnomaslinastozelena do sivosmeđa, sjajna; kod starih stabala sedefastog sjaja, srebrnastosiva, prekrivena lišajima.



**Slika 23.** Obična bukva: deblo, detalj kore, lišće i plod

Bukovina je tipična difuzno porozna vrsta drva, izgrađena od članaka traheja, drvnih vlakanaca te radijalnoga i aksijalnoga parenhima. Cjevasti članci traheja raspoređeni su pojedinačno unutar godova u kratkim radijalnim nizovima i malim skupinama, dok su drvena vlakanca libriformska. Radijalni parenhim bukvine izgrađuje homocelularne, jednoredne do višeredne drvene trakove. U prosjeku 18 % volumena bukvine čini staničje trakova. Što su udjeli drvnih trakova veći, omjeri njihovih visina i širina su manji. Visina višerednih trakova iznosi 1,5 mm, a širina 0,125 mm i mogu se vidjeti običnim okom. Udio aksijalnog parenhima u građi bukve je zanemariv. Udio članaka traheja stalno raste, a udio se drvnih vlakanaca i drvnih trakova u deblu stalno smanjuje od srčike prema kori. Premda debljina staničnih

stijenki drvnih vlakanca od srčike prema kori raste, raste i promjer drvnih vlakanca. Zbog toga se udio stijenki stanica u drvnim vlakancima vrlo malo mijenja.

Široki drvni traci, koji su vidljivi bez povećala, na poprečnom i tangentnom presjeku zauzimaju jednu desetinu površine, dok na radijalnom presjeku daju svilenkasti sjaj. Na poprečnom presjeku jasno se vide godovi, čija je struktura fina.

Širina goda kreće se od 0,05 do 11,8 mm, s prosjekom 1,03 mm. Pad vrijednosti širine goda uočljiv je promatrajući izjednačenu krivulju rasporeda u radijalnom smjeru počevši od srčike do 70 – tih godina starosti s tendencijom porasta u smjeru kore. Povećanjem nadmorske visine lokaliteta širina se goda bukova drva smanjuje. Sadržaj vode u živom stablu se kreće od 70 do 140 %, s prosjekom 110 %, a s obzirom na radijalni smjer, raste od srčike prema kori.

Srednje vrijednosti fizikalnih i mehaničkih svojstava bukova drva, dobivene na temelju istraživanja, ukazuju na veliku varijabilnost i značajan utjecaj nadmorske visine. Vrijednosti osnovnih fizikalnih i mehaničkih svojstava bukovine prikazane su u tablici 6.

**Tablica 6.** Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve

| <b>Bukva (<i>Fagus Sylvatica</i> L.)</b> |                                    |                    |                                 |                              |                |
|------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| <b>Fizička svojstva</b>                  |                                    |                    | <b>Mehanička svojstva</b>       |                              |                |
| <b>Gustoća<br/>(kg/m<sup>3</sup>)</b>    | standardno suhog drva ( $\rho_0$ ) | 490...680...880    | <b>Čvrstoća (MPa)</b>           | na tlak                      | 41...62...99   |
|                                          | prosušenog drva ( $\rho_{12-15}$ ) | 540...720...910    |                                 | na vlak, II s vlakancima     | 57...135...180 |
|                                          | sirovog drva ( $\rho_s$ )          | 820...1070...1270  |                                 | na vlak, $\perp$ na vlakanca |                |
|                                          | nominalna ( $\rho_n$ )             | 560                |                                 | na savijanje                 | 74...123...210 |
| <b>Poroznost (%)</b>                     |                                    | oko 55             | <b>Tvrdoća po Janki (MPa)</b>   | na smicanje                  | 8...9,5        |
| <b>Utezanje (%)</b>                      | radijalno ( $\beta_r$ )            | oko 5,8            |                                 | II s vlakancima              | oko 83         |
|                                          | tangentno ( $\beta_t$ )            | oko 11,8           |                                 | $\perp$ na vlakanca          | oko 65         |
|                                          | volumno ( $\beta_v$ )              | 14,0...17,9...21,0 |                                 |                              |                |
| <b>Točka zasićenosti vlakanca (%)</b>    |                                    | 32...35            | <b>Modul elastičnosti (GPa)</b> |                              | 10...16...18   |

Bukovina se općenito dobro obrađuje bilo ručno ili strojno, naročito se dobro tokari. Dobro se ljušti, a valjkasti oblik trupaca dozvoljava kružno ljuštenje furnira. Bez poteškoća se lijepi i može se obojiti lazurama tako da odgovara hrastovini,



mahagonijevini ili orahovini. Bukovina se izuzetno dobro savija omekšana parenjem. Uspješno se savijaju komadi s kvrgama i komadi nepravilne građe.

Bukovina se može prilično brzo osušiti, ali je podložna pucanju i vitoperenju. Za vrijeme sušenja i utezanje je prilično veliko. Velika dimenzionalna nestabilnost bukovine predstavlja njen glavni tehnološki problem te je okarakterizirana slabom prirodnom trajnošću.



*Slika 24. Bukove neokrajčene piljenice*

Nezaštićeno prirodno drvo nije otporno na napad ksilofagnih insekata i gljiva uzročnika truleži. Prilično se dobro može zaštititi raznim postupcima zaštite kao npr. vrućim i hladnim potapanjem u zaštitna sredstva bez tlaka, ili tlačnim postupcima zaštite. Biotski čimbenici koji štete čine na bukvi su bukov krasnik (*Agrilus viridis*), mrazovci (*Operophthera brumata*, *O. fagata*), sovice (*Hylophila prasinana*), bukov prelac (*Dasychira pudibunda*), ose listarice i muhe šiškarice. Abiotski čimbenici su vrlo osjetljivi na kasni proljetni mraz. Starije sastojine stradavaju od vjetrova, snjegoizvala i snjegaloma. Bukva je izrazito otporna na onečišćenje zraka i relativno dobrog zdravstvenog stanja<sup>3</sup>.

U Europi je bukovina najzastupljenija vrsta drva listača. Njena vrlo dobra mehanička i tehnološka svojstva omogućuju joj široku primjenu. Najviše se upotrebljava u industriji ljuštenog furnira, savijenog pokućstva, kod proizvodnje stolica, u parketarstvu, kolarstvu, bačvarstvu i tokarstvu, za držala i ručke alata i oruđa, za dijelove strojeva, kundake, sportske potrepštine, klompe, za vlaknatice i iverice. Kemijski zaštićena pogodnim postupcima, bukovina se može koristiti i za

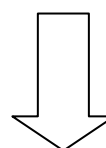
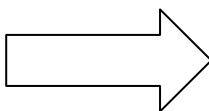
<sup>3</sup>[http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20%C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezba%201\\_%20Bukva-prezentacija.pdf](http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20%C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezba%201_%20Bukva-prezentacija.pdf)

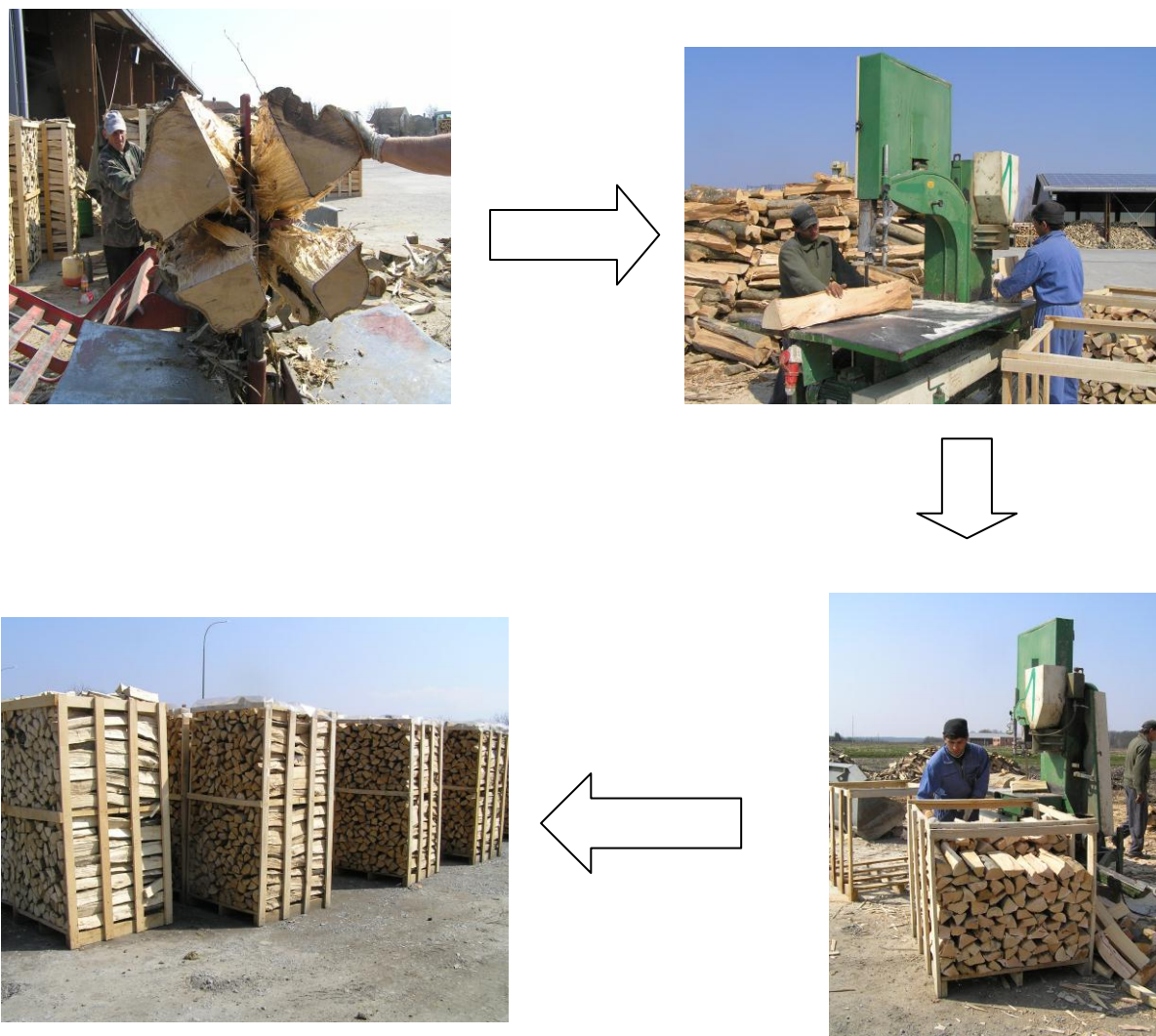
konstrukcije na otvorenom, u vodogradnji i brodogradnji te za željezničke pragove. Bukovina je također celulozno i ogrjevno drvo (Vidaković, 2003).

## 4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje

Nakon sječe drvnih sortimenata u šumi, sirovina odnosno prostorno drvo u obliku višemetrice je dopremljeno kamionima na stovarište višemetrice u tvrtki gdje je izvršeno istraživanje. Višemetrica je istovarena i uskladištena u za to predviđen prostor na stovarištu.

Izrada cjepanog drva iz višemetrice započela je njenim prikraćivanjem na duljinu od jednog metra pomoću motorne lančane pile. Zatim je uslijedilo cijepanje takove metrice mehaniziranim hidrauličkim cjepačem. Iz svake metrice oblice iscijepane su četiri cjepanice. Obzirom da su uobičajene trgovačke duljine cijepanog ogrjevnog drva 25, 33 i 50 cm slijedeća faza izrade je bila prikraćivanje cjepanica metrica na jednu od tih duljina. U našem slučaju prikraćivanje je izvedeno pomoću stolarskih tračnih pila na duljinu 33 cm. Nakon toga sada kratke cjepanice su ponovo rascijepljene na manje komade ovisno o njihovoj konačnoj uporabi i vrsti ložišta u kojem će biti spaljene. Na kraju se izrađene kratke cjepanice složene na paletu dimenzija 1 x 1 x 1,80 m, te utovarivačem transportirane do mjesta mjerenja odnosno kasnije sušenja (slika 31).





**Slika 25.** Prikaz tijeka izrade prefabriciranog cijepanog ogrjevnog drva slijedom strelica: složaj višemetrice oblice na stovarištu oblovine; prikraćivanje višemetrice i izrada metrice oblice motornom lančanom pilom; cijepanje metrice oblice; prikraćivanje cijepane metrice stolarskom tračnom pilom na konačnu duljinu i dodatno cijepanje; odlaganje i prirodno sušenje

### 4.3. Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka

Kao objekt ovoga istraživanja su korištene prefabricirane kratke cjepanice obične bukve duljine 33 cm, izrađene prethodno opisanim postupkom u pogonu za izradu ogrjevnog drva Sebastijan d.o.o., u Grubišnom Polju. Za potrebe mjerenja izdvojeno je 209 komada cjepanica koje su označene brojevima i na kojima je provedeno mjerenje mase, dimenzija i vlage u sirovom i prosušenom stanju. Prirodno sušenje izvedeno je na zaklonjenom i dobro provjetrenom dijelu stovarišta cijepanog



ogrjevnog drva istoimene tvrtke. Sušenje cjepanica je trajalo u vremenskom periodu od 23.3. 2015. do 9.10. 2015., odnosno 200 dana. Tijekom tog razdoblja bilo je 51 sunčanih dana, 12 vjetrovitih dana, 12 kišnih dana te 12 oblačnih dana. Minimalna temperatura zraka je bila 10°C , a maksimalna 30°C.



**Slika 26.** Složaj palete cijepanog ogrjevnog drva za mjerenje: a) vlažne cjepanice, b) prosušene cjepanice

### 4.3.1. Masa ogrjevnog drva

Masa ogrjevnog drva je mjerena na laboratorijskoj vazi te je vrijednost zaokružena na tri decimalna mjesta. Cjepanice su prvi put vagane neposredno nakon cijepanja tijekom mjeseca ožujka, te drugi put tijekom mjeseca listopada nakon što su prirodno sušene 200 dana na stovarištu na dobro provjetrenom mjestu. Masena vrijednost je izražena u kilogramima.

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

$$aps_m = \frac{m_s - m_p}{m_s} \cdot 100 \quad 1$$

$$rel_m = \frac{m_s - m_p}{m_p} \cdot 100 \quad 2$$

$aps_m$  – apsolutni postotni udio gubitka mase cjepanice, %

$rel_m$  – relativni postotni udio gubitka mase cjepanice, %

$m_s$  – masa sirove (vlažne) cjepanice, m<sup>3</sup>

$m_p$  – masa prosušene cjepanice, m<sup>3</sup>



*Slika 27. Mjerenje mase cjepanica na laboratorijskoj vazi*

### 4.3.2. Volumen ogrjevnog drva

Volumen ogrjevnog drva je određen volumetrijskom metodom. Za volumetriranje je korištena menzura promjera 15 cm te visine 50 cm. Mjerenje je provedeno na način da je prvo izmjerena razina vode prije uranjanja cjepanice u menzuru. Zatim je uronjena cjepanica u menzuru te je očitana razina vode sa cjepanicom u menzuri. Izračunata je razlika između razine vode prije i nakon uranjanja cjepanice u menzuru. Stupac razlike razine vode pri tome predstavlja volumen uronjene cjepanice koji je izračunat prema izrazu 3.

$$V_c = \frac{D_m^2 \cdot \pi}{4} \cdot (h_{mah} - h_{min}) \quad 3$$

$V_c$  – Volumen cjepanice,  $m^3$

$D_m$  – promjer menzure, m

$h_{min}$  – visina izmjere vode prije uranjanja cjepanice u menzuru, m

$h_{max}$  – visina izmjere vode nakon uranjanja cjepanice u menzuru, m

Postotni udio smanjenja volumena cjepanica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 4 i 5.

$$aps_v = \frac{V_s - V_p}{V_s} \cdot 100 \quad 4$$

$$rel_v = \frac{V_s - V_p}{V_p} \cdot 100 \quad 5$$

$aps_v$  – apsolutni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

$rel_v$  – relativni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

$V_s$  – volumen sirove (vlažne) cjepanice,  $m^3$

$V_p$  – volumen prosušene cjepanice,  $m^3$



**Slika 28.** Mjerenje volumena cjepanica volumetrijskom metodom uranjanjem u menzuru

### 4.3.3. Vлага ogrjevnog drva

Vлага cjepanica je mjerena gravimetrijskom metodom, odnosno metodom mjerenja količine odstranjene vode do 0% konačnog sadržaja vode u drvu. Premda je gravimetrijska metoda komplicirana i duga, ona je izuzetno precizna metoda. Ova metoda je provedena pomoću laboratorijske vage i sušionika. Iz cjepanica su ispiljeni uzorci debljine 25 mm za mjerenje vlage te su odmah nakon izrade izvagani te nakon toga sušeni na temperaturi od 102 do 103 °C do konstantne mase. Konačna vrijednost mase je izmjerena kada je nastupio moment prestanka mijenjanja vrijednosti mase uzorka. Isti postupak je proveden i nakon mjerenja prosušenih cjepanica. Nakon provedenog sušenja uzoraka u sušioniku, i izmjerene mase vlažnih i sušenih uzoraka izračunata je vлага cjepanica kod prvog mjerenja u vlažnom stanju i drugog mjerenja nakon višemjesečnog prirodnog sušenja prema izrazu 6.

$$u_c = \frac{m_p - m_k}{m_k} \cdot 100 \quad 6$$

$u_c$  – vлага cjepanice, %

$m_p$  – početna masa uzorka iz cjepanice, kg

$m_k$  – konačna masa uzorka iz cjepanice, kg



**Slika 29.** Uzorci iz cjepanica za potrebe mjerenja vlage gravimetrijskom metodom

### 4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva

Gustoća cjepanica je izračunata na način da se pošlo od definicije da je gustoća drva omjer mase i volumena cjepanice. Izračunata je prema izrazu 7:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \quad 7$$

$\rho_c$  – gustoća cjepanice, kg/m<sup>3</sup>

$m_c$  – masa cjepanice, kg

$V_c$  – volumen cjepanice, m<sup>3</sup>

Postotni udio promjene gustoće cjepanica uslijed prirodnog sušenja izračunat je u apsolutnom i relativnom odnosu prema izrazima 8 i 9.

$$aps_p = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s} \cdot 100 \quad 8$$

$$rel_p = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_p} \cdot 100 \quad 9$$

$aps_p$  – apsolutni postotni udio promjene gustoće cjepanice, %

$rel_p$  – relativni postotni udio promjene gustoće cjepanice, %

$\rho_s$  – gustoća sirove (vlažne) cjepanice, m<sup>3</sup>

$\rho_p$  – gustoća prosušene cjepanice, m<sup>3</sup>

## 4.4. Statistička obrada podataka

Za obradu podataka, u ovome su radu korišteni programi Microsoft Word i Excel. Rezultati istraživanja su prikazani pomoću deskriptivne statistike, grafički i tabelarno.



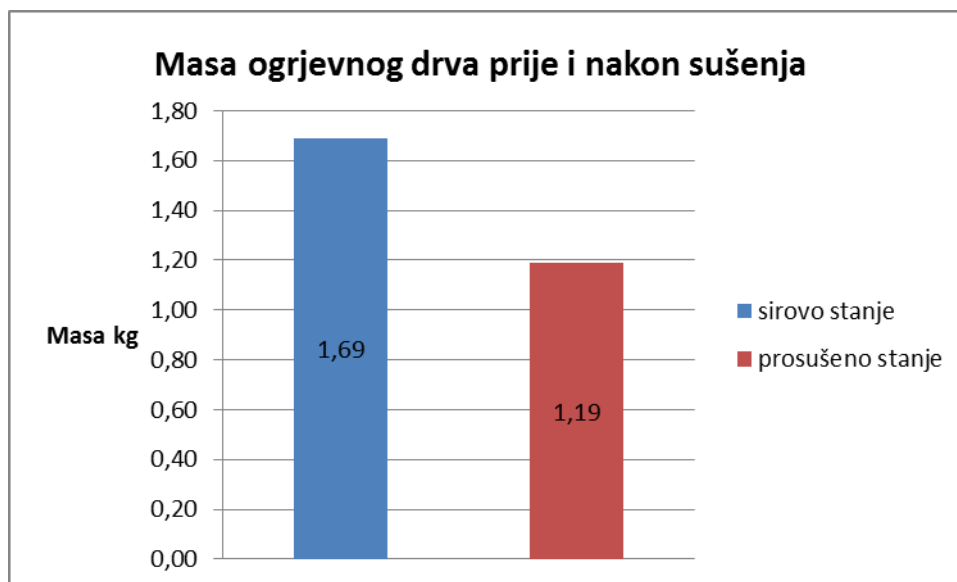
## 5. Rezultati istraživanja

### 5.1. Masa ogrjevnog drva

U tablici 7 je prikazana deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica. Prikazane su vrijednosti mase drva za cjepanice u sirovom i prosušenom stanju. Na slici 30 je prikazan grafički odnos aritmetičkih sredina masa cjepanica u sirovom i prosušenom stanju.

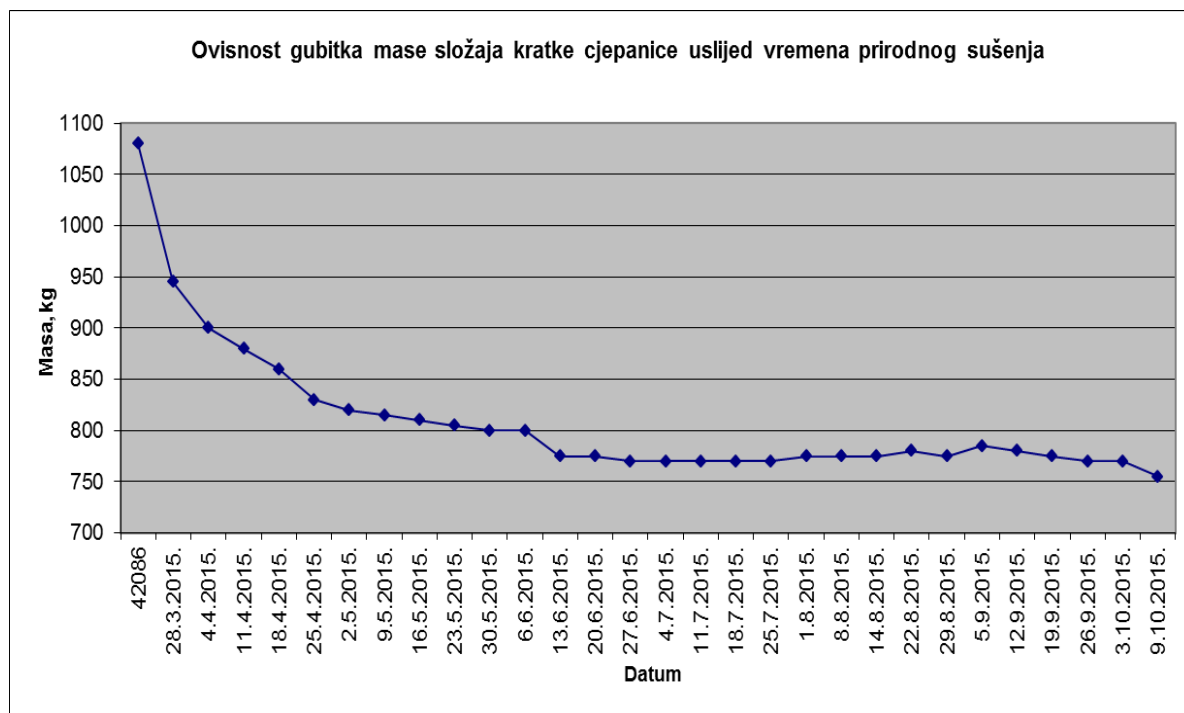
**Tablica 7.** Deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica

| Masa cjepanica kratkih |          |     |       |              |        |               |       |             |          |
|------------------------|----------|-----|-------|--------------|--------|---------------|-------|-------------|----------|
| Oznaka                 | Mj. jed. | N   | Min.  | 25 Percentil | Median | 75. Percentil | Max.  | Ar. sredina | St. dev. |
| 1                      | 2        | 3   | 4     | 5            | 6      | 7             | 8     | 9           | 10       |
| m'                     | kg       | 209 | 0,34  | 1,33         | 1,68   | 2,07          | 2,77  | 1,69        | 0,47     |
| m                      | kg       | 209 | 0,27  | 0,95         | 1,17   | 1,44          | 2,04  | 1,19        | 0,33     |
| m'-m                   | kg       | 209 | 0,07  | 0,39         | 0,50   | 0,61          | 0,91  | 0,50        | 0,16     |
| aps                    | %        | 209 | 18,32 | 27,47        | 29,53  | 31,76         | 39,43 | 29,47       | 3,37     |
| rel                    | %        | 209 | 22,44 | 37,87        | 41,91  | 46,55         | 65,09 | 42,11       | 6,75     |



**Slika 30.** Grafički prikaz mase ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

Ovisnost gubitka mase složaja cjepanica i s obzirom na razdoblje prirodnog sušenja od 23.3. do 9.10. 2015. godine, prikazana je grafom na slici 31.



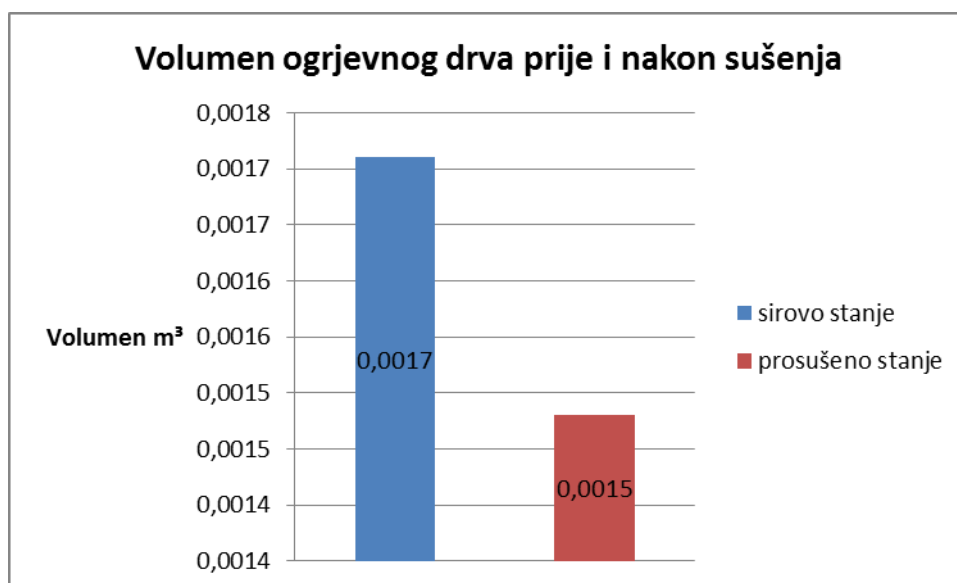
**Slika 31.** Grafički prikaz ovisnosti gubitka mase složaja i razdoblja sušenja cjepanica

## 5.2. Volumen ogrjevnog drva

U tablici 8, prikazana je deskriptivna statistika podataka o volumenu cjepanica, dok na slici 32 vidimo grafički prikaz promjene volumena cjepanica u sirovom i prosušenom stanju.

**Tablica 8.** Deskriptivna statistika podataka o volumenu kratkih cjepanica

| Volumen cjepanica kratkih |                |     |         |               |         |               |         |         |          |
|---------------------------|----------------|-----|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------|----------|
| Oznaka                    | Mj. jed.       | N   | Min.    | 25. Percentil | Median  | 75. Percentil | Max.    | Ar. Sr  | St. dev. |
| 1                         | 2              | 3   | 4       | 5             | 6       | 7             | 8       | 9       | 10       |
| V'                        | m <sup>3</sup> | 209 | 0,00041 | 0,00136       | 0,00164 | 0,00205       | 0,00300 | 0,00171 | 0,00047  |
| V                         | m <sup>3</sup> | 209 | 0,00037 | 0,00117       | 0,00148 | 0,00177       | 0,00235 | 0,00148 | 0,00040  |
| V'-V                      | m <sup>3</sup> | 209 | 0,00004 | 0,00014       | 0,00022 | 0,00031       | 0,00076 | 0,00024 | 0,00012  |
| aps                       | %              | 209 | 5,06    | 9,37          | 12,90   | 17,14         | 26,89   | 13,60   | 5,15     |
| rel                       | %              | 209 | 5,33    | 10,34         | 14,82   | 20,69         | 36,78   | 16,16   | 7,16     |



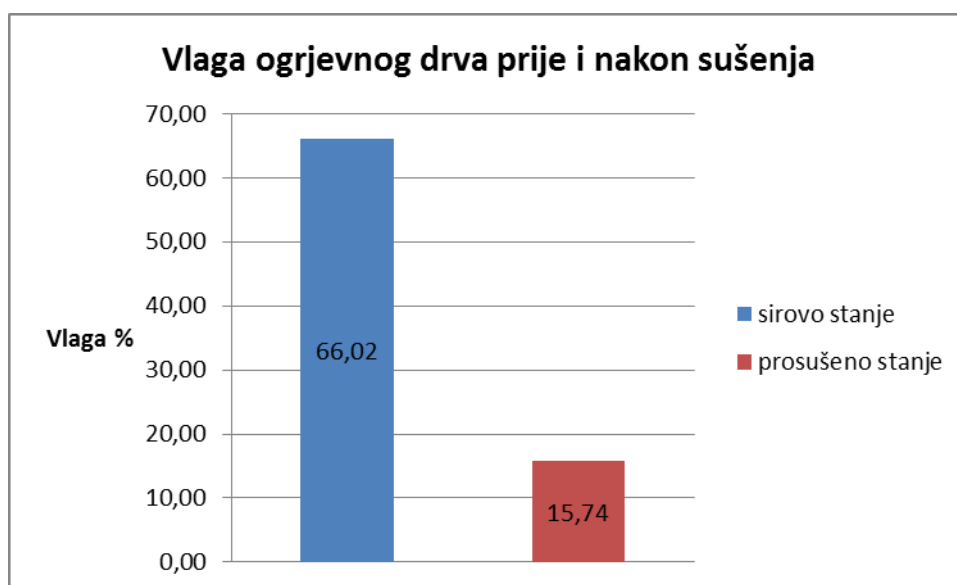
**Slika 32.** Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

### 5.3. Vlaga ogrjevnog drva

Prikaz deskriptivne statistike podataka o promjeni sadržaja vlage cjepanica tijekom sušenja, dana je u tablici 9. Na slici 33 se vidi promjena sadržaja vlage cjepanica nakon prirodnog sušenja.

**Tablica 9.** Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage kratkih cjepanica

| Vlaga cjepanica kratkih |          |    |       |              |        |               |       |         |          |
|-------------------------|----------|----|-------|--------------|--------|---------------|-------|---------|----------|
| Oznaka                  | Mj. Jed. | N  | Min.  | 25 Percentil | Median | 75. Percentil | Max.  | Ar. Sr. | St. Dev. |
| 1                       | 2        | 3  | 4     | 5            | 6      | 7             | 8     | 9       | 10       |
| u'                      | %        | 10 | 56,16 | 60,06        | 64,08  | 69,49         | 82,32 | 66,02   | 7,95     |
| u                       | %        | 19 | 14,62 | 15,09        | 15,50  | 16,45         | 17,85 | 15,74   | 0,85     |



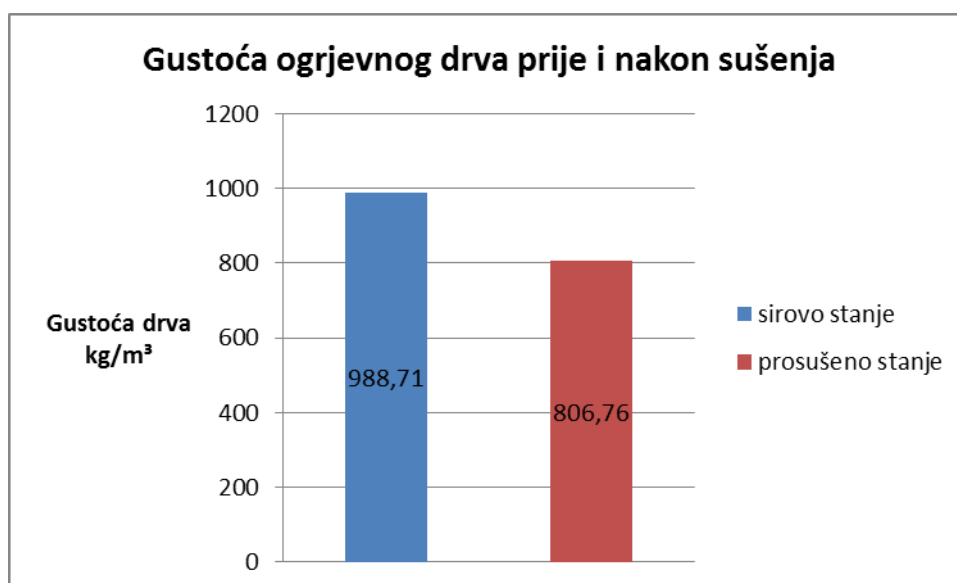
**Slika 33.** Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

## 5.4. Gustoća ogrjevnog drva

U tablici 10, prikazana je deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoće cjepanica prije i nakon sušenja ogrjevnog drva. Na slici 34 dan je grafički prikaz promjene gustoće cjepanica u sirovom i prosušenom stanju.

**Tablica 10.** Deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoće kratkih cjepanica

| Gustoća cjepanica kratkih |                   |     |        |              |        |              |         |         |          |
|---------------------------|-------------------|-----|--------|--------------|--------|--------------|---------|---------|----------|
| Oznaka                    | Mj. Jed.          | N   | Min.   | 25 Percentil | Median | 75 Percentil | Max.    | Ar. sr. | St. Dev. |
| 1                         | 2                 | 3   | 4      | 5            | 6      | 7            | 8       | 9       | 10       |
| $\rho'$                   | kg/m <sup>3</sup> | 209 | 818,52 | 940,69       | 980,39 | 1042,49      | 1144,78 | 988,71  | 67,96    |
| $\rho$                    | kg/m <sup>3</sup> | 209 | 689,25 | 781,48       | 805,22 | 832,93       | 942,68  | 806,76  | 41,18    |
| $\rho' - \rho$            | kg/m <sup>3</sup> | 209 | 100,25 | 128,74       | 178,87 | 222,44       | 328,88  | 181,95  | 58,64    |
| aps                       | %                 | 209 | 10,39  | 13,53        | 17,88  | 21,63        | 29,52   | 18,17   | 4,92     |
| rel                       | %                 | 209 | 11,59  | 15,65        | 21,78  | 27,61        | 41,88   | 22,65   | 7,57     |



**Slika 34.** Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

## 6. Rasprava

### 6.1. Masa ogrjevnog drva

Iz grafičkog prikaza na slici 30, može se vidjeti da je prosječna masa cjepanica ogrjevnog drva u prosušenom stanju manja u odnosu na masu drva u sirovom stanju. Prosječna vrijednost mase svih cjepanica u sirovom stanju iznosi 1,69 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 1,19 kg. Postotni pad mase obzirom na sirovo stanje iznosi 29,5%, a obzirom na prosušeno stanje 42,11%. Rezultat je očekivan, s obzirom da se tijekom 196 dana u procesu sušenja, drvu smanjuje sadržaj vode, zbog toga što u pore drva umjesto vode ulazi zrak koji je gotovo neprimjetne volumne mase te samim time drvo se uteže i postaje lakše.

Na slici 31 je prikazana ovisnost gubitka mase složaja kratkih cjepanica i vremenskog razdoblja tijekom kojeg su se cjepanice sušile. 23.3.2015. masa kratkih cjepanica je izvagana grupno na paleti i ona je iznosila 1080 kg. Nakon prirodno sušenja, dana 9.10.2015. masa grupno izvaganih cjepanica je iznosila 755 kg. Ovi podaci ukazuju da razlika u masi prije i nakon prirodnog sušenja iznosi 325 kg.

### 6.2. Volumen ogrjevnog drva

Prema rezultatima istraživanja koji se mogu očitati u tablici 8, dolazi se do zaključka da je očekivan pad volumena ogrjevnog drva u prosušenom stanju. U sirovom stanju, aritmetička sredina volumena svih cjepanica iznosi 0,00171 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom 0,00148 m<sup>3</sup>. Postotni pad volumena obzirom na sirovo stanje iznosi 13,4%, a obzirom na prosušeno stanje 16,16%.

Smanjenjem sadržaja vode u drvu, drvo se uteže, to jest, smanjuju mu se dimenzije, a samim time i volumen što se ne poklapa sa istraživanjem koje su proveli Zelić i Međugorac, da volumen ogrjevnog drva ostaje isti tijekom i nakon procesa sušenja.

### 6.3. Vlaga ogrjevnog drva

Smanjenje sadržaja vlage u drvu je logično, s obzirom na činjenicu da je cilj sušenja smanjiti sadržaj vlage u drvu, kako bi drvo gubilo svoju masu i postalo lakše za rukovanje. U trgovini ogrjevnim drvom, termin suho drvo se koristi za prostorno

drvo koje je prirodno sušeno 6 mjeseci. Iz tablice 9 vidljivo je da je sadržaj vlage u sirovom stanju iznosi 66,02%, dok je nakon završenog procesa prirodnog sušenja pao na 15,74%.

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 14,62 % i. 17,85 %.

## 6.4. Gustoća ogrjevnog drva

Što je veća poroznost drva, manja je njegova gustoća i na nju utječu vrsta drva, starost, kemizam i dr. Kako se u procesu sušenja smanjuju volumen i masa drva, očekivano je da se samim time smanjuje i gustoća, zbog toga što ona ovisi o ta dva parametra. Grafički prikaz na slici 34 jasno to i predložuje. Aritmetička sredina za gustoću cjepanica u sirovom stanju iznosi 988,71 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosi 806,76 kg/m<sup>3</sup>. Postotni pad gustoće obzirom na sirovo stanje iznosi 18,2%, a obzirom na prosušeno stanje 22,6%.

Prema tablici 6, empirijska istraživanja vrijednost gustoće za prosušeno bukovo drvo pokazuju da gustoća iznosi od 540 do 910 kg/m<sup>3</sup>, a za drvo u sirovom stanju od 820 do 1270 kg/m<sup>3</sup>.

Kod istraživanja koje su proveli Zelić i Međugorac (2001), raspon gustoće za bukove prosušene sortimente se kretao u od 812,94 do 1083,93 kg/m<sup>3</sup>.

Dobiveni rezultati u ovim mjerenjima ulaze u interval podataka iz spomenutih prethodnih istraživanja.

## 7. Zaključci

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

1. Masa drva u prosušenom stanju je manja od mase drva u sirovom stanju. Prosječna vrijednost mase svih cjepanica u sirovom stanju iznosi 1,69 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 1,19 kg. Postotni pad mase obzirom na sirovo stanje iznosi 29,5%, a obzirom na prosušeno stanje 42,11%
2. Aritmetička sredina volumena svih cjepanica u sirovom stanju iznosi 0,00171 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom 0,00148 m<sup>3</sup>. Postotni pad volumena obzirom na sirovo stanje iznosi 13,6%, a obzirom na prosušeno stanje 16,16%. Volumen ogrjevnog drva u prosušenom stanju je očekivano manji od volumena ogrjevnog drva u sirovom stanju. Smanjenjem sadržaja vode drvo se uteže i smanjuju mu se dimenzije.
3. Aritmetička sredina za gustoću cjepanica u sirovom stanju iznosi 988,71 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosi 806,76 kg/m<sup>3</sup>. Postotni pad gustoće obzirom na sirovo stanje iznosi 18,2%, a obzirom na prosušeno stanje 22,7%. Kako gustoća ovisi o masi i volumenu, odnosno smanjenjem tih parametara jasno je da se i gustoća ogrjevnog drva smanjuje, što je i potvrđeno rezultatima ovog istraživanja.
4. Prosječan sadržaj vode u cjepanicama prije sušenja iznosio je 66,02%. U prosušenom stanju, prosječan sadržaj vode u cjepanicama iznosio je 15,74%.



# Literatura

1. Horvat, I. 1944: Celulozno drvo, Šumarski list, 7-12: 170-195.
2. Krička, T. 2008: Potencijal proizvodnje energije iz biljnih ostataka u poljoprivredi i šumarstvu, Istraživanje, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
3. Krpan, A. P. B.; Zečić, Ž.; Poršinsky, T.; Šušnjar, M. 1998: Osnove sječe i izradbe s normama za oblo drvo, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
4. Nikolić, M. 1977: Istraživanje procenta iskorištenja pri preradbi bukovih cjepanica i oblica u rezane sortimente, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih lišćara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Zbornik radova, Živinice.
5. Pervan, S. 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva, Sand, Zagreb
6. Poršinsky, T.: Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva, Prezentacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
7. Prka, M. 2009: Problematika određivanja sortimentne strukture jednodobnih gospodarskih bukovih sastojina, Prezentacija, HKIŠDT.
8. Prka, M. 2012: Primjena HRN EN sustava normi za oblo drvo u šumarskoj operativi i drvnoj industriji RH, Prezentacija, Sveučilište od Zagreba, Šumarski fakultet.
9. Zečić, Ž.; Vusić, D. 2013: Šumski proizvodi, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
10. Zečić, Ž.: Europski standardi za drvene sortimente, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
11. Zelić, J.; Međugorac, K. 2001: Ovisnost gustoće prostornog drva nekih autohtonih vrsta drveća o razdoblju prirodnog sušenja, Šumarski list, CXXV, 5-6: 263-272.
12. Zelić, J.; Stojić, M. 2005: Ovisnost gustoće prostornog drva poljskog jasena i hrasta lužnjaka o prirodnom sušenju, Šumarski list, CXXIX, 3-4: 157-168.
13. Vidaković, M. i sur. 2003: Obična bukva u Hrvatskoj, Hrvatske šume
14. \*\*\*\*\* 2016: [https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood\\_processor](https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood_processor)
15. \*\*\*\*\* 2016: <https://en.wikipedia.org/wiki/Firewood>
16. \*\*\*\*\* 2016: <https://en.wikipedia.org/wiki/Stere>
17. \*\*\*\*\* 2016: <http://www.firewood-for-life.com>
18. \*\*\*\*\* 2016: <https://en.wikipedia.org/wiki/Chainsaw>
19. \*\*\*\*\* 2016: [https://en.wikipedia.org/wiki/Log\\_splitter](https://en.wikipedia.org/wiki/Log_splitter)
20. \*\*\*\*\* 2016: [https://en.wikipedia.org/wiki/Splitting\\_maul](https://en.wikipedia.org/wiki/Splitting_maul)
21. \*\*\*\*\* 2016: <https://en.wikipedia.org/wiki/Axe>
22. \*\*\*\*\* 2016: [http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20%C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezba%201\\_%20Bukva-prezentacija.pdf](http://www.sumfak.unizg.hr/upload/Oglasna%20ploca/Ekologija%20%C5%A1umskog%20drve%C4%87a/Vjezba%201_%20Bukva-prezentacija.pdf)
23. \*\*\*\*\* 2016: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wood\\_wool](https://en.wikipedia.org/wiki/Wood_wool)
24. \*\*\*\*\* 2016: <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>

# Životopis

## OSOBNE OBAVIJESTI

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| Ime           | JURAJ ANIČIĆ                          |
| Adresa        | Ulica F.J. Schullera 3, 51410 Opatija |
| Telefon       | 098 940 721 0                         |
| Faks          |                                       |
| E-pošta       | anicicjuraj@gmail.com                 |
| Državljanstvo | hrvatsko                              |
| Datum rođenja | 26.11.1991.                           |

## RADNO ISKUSTVO

- Volontiranje u pilani „Cedar“ u Vrbovskom
- Poslovi u procesu izrade namještaja u tvrtkama „Hoblić“ i „Danijel interijeri“
- Dugogodišnje radno iskustvo u tvrtki „Proivodnja svijeća Aničić“

## ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

- |                                                  |                                                  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| • Datum (od – do)                                | 2010. – 2014.                                    |
| • Naziv i vrsta obrazovne ustanove               | Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu          |
| • Osnovni predmet /zanimanje                     | Drvnotehnološki odsjek                           |
| • Naslov postignut obrazovanjem                  | Inženjer drvne tehnologije                       |
| • Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) | VSS                                              |
| • Datum (od – do)                                | 2006 – 2010.                                     |
| • Naziv i vrsta obrazovne ustanove               | Gimnazija „Eugen Kumičić“ Opatija                |
| • Osnovni predmet /zanimanje                     | Opća Gimnazija                                   |
| • Naslov postignut obrazovanjem                  |                                                  |
| • Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) | SSS                                              |
| • Datum (od – do)                                | 1997.– 2005.                                     |
| • Naziv i vrsta obrazovne ustanove               | Osnovna škola „Rikard Katalinić Jeretov“ Opatija |
| • Osnovni predmet /zanimanje                     |                                                  |
| • Naslov postignut obrazovanjem                  |                                                  |
| • Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji) | NSS                                              |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MATERINSKI JEZIK                                                                                                                                                                                              | <b>HRVATSKI</b>                                                                                                                                                                                                                          |
| DRUGI JEZICI                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                               | <b>ENGLESKI</b>                                                                                                                                                                                                                          |
| • sposobnost čitanja                                                                                                                                                                                          | izvrsno                                                                                                                                                                                                                                  |
| • sposobnost pisanja                                                                                                                                                                                          | izvrsno                                                                                                                                                                                                                                  |
| • sposobnost usmenog izražavanja                                                                                                                                                                              | izvrsno                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                               | <b>Talijanski</b>                                                                                                                                                                                                                        |
| • sposobnost čitanja                                                                                                                                                                                          | izvrsno                                                                                                                                                                                                                                  |
| • sposobnost pisanja                                                                                                                                                                                          | dobro                                                                                                                                                                                                                                    |
| • sposobnost usmenog izražavanja                                                                                                                                                                              | dobro                                                                                                                                                                                                                                    |
| SOCIJALNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI<br><i>Življenje i rad s drugim ljudima u višekulturnim okolinama gdje je značajna komunikacija, gdje je timski rad osnova (npr. u kulturnim ili sportskim aktivnostima).</i> | Navikao sam na život u obitelji, u krugu prijatelja, kolega i poznanika.                                                                                                                                                                 |
| ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI<br><i>Npr. koordinacija i upravljanje osobljem, projektima, financijama; na poslu, u dragovoljnom radu (npr. u kulturi i športu) i kod kuće, itd.</i>                   | Sposobnost rada s ljudima, koordinacije i komunikacije s kolegama kao i širim krugom poslovnih partnera, rješavanje svakodnevnih problema, rad na raznim projektima, organizacija rada i ljudi, odgovornost, ambicioznost, učinkovitost. |
| TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI<br><i>S računalima, posebnim vrstama opreme, strojeva, itd.</i>                                                                                                               | Poznavanje rada na računalu: MS Office 2007 paket (Excell, Word, PowerPoint), Q–Base, Reaper, AutoCAD, Wood Wop, Genesis Evolution. Poznavanje rada na kanterici i CNC-u.                                                                |
| VOZAČKA DOZVOLA                                                                                                                                                                                               | „B“, kategorija                                                                                                                                                                                                                          |

# Zabilješke