

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

---

Jergović, Ivan

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:108:617346>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



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

**IVAN JERGOVIĆ**

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

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**JERGOVIĆ IVAN**

**Prilog istraživanju promjene gustoće  
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: **Jergović Ivan**

JMBAG: **0068210628**

Broj indeksa: **583/2014**

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

Datum predaje rada: **01. 12. 2016.**

Datum obrane rada: **16. 12. 2016.**

**Zagreb, prosinac, 2016.**

# Administrativni protokol

|  |   |
|--|---|
| Naslov diplomskog rada                   | Prilog istraživanju promjene gustoće cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja.  |
| Kratki biografski podaci o autoru        | Ivan Jergović, rođen 21. srpnja. 1990. godine u Zagrebu. Maturirao šk. god. 2008/09. u Srednjoj šumarskoj školi u Karlovcu. Upisao Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2008/09. Obranio Završni rad 23. 09. 2014. Upisao diplomski studij Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu šk. god. 2014/2015. te ga apsolvirao šk. god. 2015/2016.                             |
| Adresa e - mail                          | Utiskani 43, 43231 Ivanska<br>ivan.jergovic07@gmail.com   |
| Izvođenje eksperimenta i obrada podataka | Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Svetošimunska 25,<br>10 000 Zagreb<br>Sebastijan d.o.o., Grubišno Polje   |
| 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 + 62 stranica + 6 tablica + 31 slika + 23 navoda literature  |
| Administrativni postupak                 | Prijava i odobrenje teme diplomskog rada pod naslovom „Prilog istraživanju promjene gustoće cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja” 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>16. 12. 2016.   |

# Ključna dokumentacijska kartica

|                     |   |
|---------------------|---|
| TI (naslov)         | Prilog istraživanju promjene gustoće cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja   |
| AU (autor)          | Ivan Jergović   |
| AD (adresa)         | Utiskani 43, 43231 Ivanska  |
| 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, cijepano ogrjevno drvo, prirodno sušenje.   |
| GE (zemlja objave)  | Hrvatska  |
| PT (vrsta objave)   | Diplomski rad   |
| VO (volumen)        | I – VIII + 62 stranica + 6 tablica + 31 slika + 23 navoda literature  |
| AB (sažetak)        | <p>U radu su eksperimentalno i teorijski istraženi utjecaji parametara vlage, mase, volumena i gustoće cijepanog ogrjevnog drva zbog velikog značaja na komercijalno poslovanje takvim drvom. Istraživanje je provedeno na uzorku od 13 komada cjepanica. Cjepanice su izrađene u jednom specijaliziranom proizvodnom pogonu mehaniziranom tehnologijom uz korištenje motorne lančane pile i hidrauličkih cjepača. Svaka cjepanica je za potrebe istraživanja izmjerena i obilježena brojem, 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 20.3.2015. do 12.10.2015., odnosno ukupno 206 dana. Prosječan sadržaj vode u cjepanicama prije sušenja iznosio je 66,020%. U prosušenom stanju, prosječan sadržaj vode u cjepanicama iznosio je 21,070%. Prosječna vrijednost mase cjepanica obzirom na sve izmjerene cjepanice u sirovom stanju iznosila je 14,723 kg, a u prosušenom stanju je ta vrijednost smanjena na 10,938 kg. Gledano obzirom na sirovo stanje, gubitak u masi iznosio je prosječno 25,71% U sirovom stanju, aritmetička sredina volumena svih cjepanica iznosila je 0,01427 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom iznosila 0,01256 m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje volumena iznosilo je prosječno 11,98%. Aritmetička sredina za gustoću cjepanica u sirovom stanju iznosila je 1022,68 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosila je 870,62 kg/m<sup>3</sup>. Gledano obzirom na sirovo stanje, smanjenje gustoće iznosilo je prosječno 14,86%.</p> |

# Key words documentation

|                          |   |
|--------------------------|---|
| TI (Title)               | Contribution to study of changes in split-firewood density of European beech ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) due to air drying   |
| OT (Original Title)      | Prilog istraživanju promjene gustoće cijepanog ogrjevnog drva obične bukve ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) uslijed prirodnog sušenja   |
| AU (Author)              | Ivan Jergović   |
| AD (Address of Author)   | Utiskani 43, 43231 Ivanska  |
| SO (Source)              | Library of Forestry Faculty of Zagreb University,<br>Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia   |
| PY (Publication Year)    | 2016  |
| LA (Language of Text)    | Croatian  |
| LS (Language of Summary) | English   |
| DE (Descriptors)         | Beech ( <i>Fagus sylvatica</i> L.), density, moisture, weight, volume, split firewood, natural drying   |
| GE (Geo. Headings)       | Croatia   |
| PT (Publication Type)    | Graduate thesis   |
| VO (Volume)              | I - VIII + 62 pages + 6 tables + 31 figures + 23 references   |
| AB (Abstract)            | <p>This paper focuses on the research of experimental and theoretical influences of parameters such as moisture, mass, volume and density of split firewood due to its great importance in firewood sales business. The study was conducted on a sample of 13 different splits. The splits were produced in a specialized production facility using mechanized technology which includes the use of chainsaws and hydraulic splitters. Each split in this research was measured and numbered, along with the measurements of mass, proportions and moisture in both raw and dry state. Natural drying was performed in a sheltered and well-ventilated area of the warehouse intended for split firewood. The drying process lasted for 206 days, in the period from March 20, 2015 until December 10, 2015. The average water content in the splits before the drying process was 66,020%. In the dry state, the average water content was 21,070%. The average value of the measured mass of the raw splits was altogether 14,723 kg, and in the dry state, this value was reduced to 10,938kg. The average mass loss in the raw state amounted to 25,71 %. In the raw state, the arithmetic average of the volume of the splits was 0,01427 m<sup>3</sup>, while in the dried state it amounted to 0,01256 m<sup>3</sup>. In the raw state, the average volume reduction amounted to 11,98%. The arithmetic average of the density of the splits in raw state was 1022,68 kg/m<sup>3</sup>, and for the dry state 870,62 kg/m<sup>3</sup>. In the raw state, the average density reduction amounted to 14,86%.</p> |

# Popis slika

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.</b> Udjel šuma prema vlasništvu u RH .....   | 9  |
| <b>Slika 2.</b> Svjetska proizvodnja glavnih šumskih proizvoda u 2006. godini .....                                | 11 |
| <b>Slika 3.</b> Jednometarsko i višemetarsko ogrjevno drvo .....   | 17 |
| <b>Slika 4.</b> Tehnička cjepanica .....   | 19 |
| <b>Slika 5.</b> Tehnička oblica .....  | 19 |
| <b>Slika 6.</b> Ostaci (otpaci) nakon cjepanja i cijepano ogrjevno drvo složeno u paketu .....                     | 22 |
| <b>Slika 7.</b> Sjekira i bat za cjepanje .....  | 30 |
| <b>Slika 8.</b> Ručni hidraulični cjepač i motorna pila .....  | 30 |
| <b>Slika 9.</b> Cjepač na svrdlo i hidraulični vertikalni cjepač .....   | 31 |
| <b>Slika 10.</b> Stovarište višemetrice i prikrajčivanje na metražu .....  | 32 |
| <b>Slika 11.</b> Cjepanje oblice na horizontalnom cjepaču .....  | 33 |
| <b>Slika 12.</b> Raspiljivanje cjepanica na kratke komade i eventualno dodatno cijepanje te slaganje u pakete..... | 33 |
| <b>Slika 13.</b> Doprema sirovine .....  | 34 |
| <b>Slika 14.</b> Automatski stroj za piljenje i cjepanje višemetrice .....   | 35 |
| <b>Slika 15.</b> Prirodno i umjetno sušenje ogrjevnog drva .....   | 36 |
| <b>Slika 16.</b> Pakiranje i skladištenje ogrjevnog drva .....   | 36 |
| <b>Slika 17.</b> Rasprostranjenost bukve u Europi .....  | 39 |
| <b>Slika 18.</b> Sastojina obične bukve sa njenim plodovima i lišćem .....   | 40 |
| <b>Slika 19.</b> Detalj poprečnog presjeka i piljenica obične bukve .....  | 41 |
| <b>Slika 20.</b> Stovarište višemetrice .....  | 43 |
| <b>Slika 21.</b> Prikrajanje motornom pilom i cjepanje na hidrauličnom cjepaču .....                               | 43 |
| <b>Slika 22.</b> Paleta sa cjepanicama .....   | 44 |
| <b>Slika 23.</b> Složaj palete cjepanog ogrjevnog drva za mjerenje u vlažnom i prosušenom stanju.....              | 45 |
| <b>Slika 24.</b> Mjerenje mase cjepanica na digitalnoj vagi .....  | 46 |
| <b>Slika 25.</b> Mjerenje volumena cjepanica volumetrijskom metodom .....  | 47 |
| <b>Slika 26.</b> Uzorci iz cjepanica za potrebe mjerenja vlage gravimetrijskom metodom .....                       | 48 |
| <b>Slika 27.</b> Grafički prikaz mase ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                                   | 50 |
| <b>Slika 28.</b> Grafički prikaz gubitka mase složaja cjepanice metrice uslijed prirodnog sušenja .....            | 51 |
| <b>Slika 29.</b> Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                      | 52 |
| <b>Slika 30.</b> Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                | 53 |
| <b>Slika 31.</b> Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon sušenja .....                       | 54 |

# Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 1.</b> Drvna zaliha prema vrstama drva u Republici Hrvatskoj.....                        | 10 |
| <b>Tablica 2.</b> Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve.....             | 41 |
| <b>Tablica 3.</b> Deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica.....                            | 50 |
| <b>Tablica 4.</b> Deskriptivna statistika podataka o volumenu cjepanica metrica.....                | 52 |
| <b>Tablica 5.</b> Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage cjepanica metrica..... | 53 |
| <b>Tablica 6.</b> Deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoće cjepanica metrica.....        | 54 |



# 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>t</b>                | - tona                             |
| <b>kg/m<sup>3</sup></b> | - kilogram po metru kubnom         |
| <b>cm</b>               | - centimetar                       |
| <b>m</b>                | - metar                            |
| <b>X</b>                | - računalna oznaka množenja (puta) |
| <b>ha</b>               | - hektar                           |
| <b>°C</b>               | - Celzijev stupanj                 |

# Predgovor

Htio bi se zahvaliti svima koji su sudjelovali u izradi ovog diplomskog rada, tako i svima koji su mi pomogli tijekom cjelokupnog studiranja.

Zahvaljujem se gospodinu Antunu Svatu koji nam je omogućio da u njegovoj tvrtki Sebastijan d.o.o. odradimo istraživanje i na svojoj ukazanoj pomoći.

Najviše bi se htio zahvaliti doc. dr. sc. Josipu Ištvaniću koji mi je najviše pomogao prilikom izrade ovog diplomskog rada, tako i tokom cijelog studiranja na pruženom povjerenju i savjetima koji su mi uvelike pomogli.

Zahvaljujem se svim djelatnicima ovog fakulteta, kao i kolegama koji su mi bili podrška tokom izrade rada i cjelokupnog studiranja.

Na kraju bi se htio zahvaliti svojim roditeljima što su imali strpljenja i razumjevanja.

# 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>13</b> |
| <b>3. Dosadašnja istraživanja .....</b>   | <b>14</b> |
| 3.1 Normiranje glavnih šumskih proizvoda.....   | 14        |
| 3.1.1. Razvrstavanje glavnih šumski proizvoda prema HRN.....                              | 15        |
| 3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN.....                          | 23        |
| 3.1.2.1. Čvrsta biogoriva.....  | 25        |
| 3.2. Tehnologije izrade ogrjevnog drva.....   | 29        |
| 3.2.1. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja.....  | 29        |
| 3.2.1.1. Jednostavni alati i uređaji za samoizradu ogrjevnog drva ....                    | 29        |
| 3.2.2. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom.....                       | 31        |
| 3.2.3. Mehanizirana izrada u postrojenju.....   | 32        |
| 3.2.3.1. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju-primjer 1..... | 32        |
| 3.2.3.2. Tehnološki opis izrade ogrjevnog drva u mehaniziranom postrojenju-primjer 2..... | 34        |
| 3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva.....                                | 37        |
| <b>4. Objekt i metode istraživanja .....</b>  | <b>39</b> |
| 4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve.....  | 39        |
| 4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje.....                                       | 42        |
| 4.3. Mjerenje mase, dimenzija i vlage uzoraka .....                                       | 44        |
| 4.3.1. Masa ogrjevnog drva.....   | 45        |
| 4.3.2. Volumen ogrjevnog drva.....  | 46        |
| 4.3.3. Vlaga ogrjevnog drva.....  | 48        |
| 4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva.....  | 49        |
| 4.4. Statistička obrada podataka .....  | 49        |
| <b>5. Rezultati istraživanja .....</b>  | <b>50</b> |
| 5.1. Masa ogrjevnog drva.....   | 50        |
| 5.2. Volumen ogrjevnog drva.....  | 52        |
| 5.3. Vlaga ogrjevnog drva.....  | 53        |
| 5.4. Gustoća ogrjevnog drva.....  | 54        |
| <b>6. Rasprava.....</b>   | <b>55</b> |
| 6.1. Masa ogrjevnog drva.....   | 55        |
| 6.2. Volumen ogrjevnog drva.....  | 55        |
| 6.3. Vlaga ogrjevnog drva.....  | 55        |
| 6.4. Gustoća ogrjevnog drva.....  | 56        |
| <b>7. Zaključak .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>Literatura .....</b>   | <b>58</b> |
| <b>Životopis .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>Zabilješke.....</b>  | <b>62</b> |

# 1. Uvod

Šume su tokom povijesti služile za preživljavanje ali i za gospodarski oporavak nakon mnogobrojnih teških nesreća i ratova. Gotovo polovica kopnene površine u Republici Hrvatskoj su pod šumama pa našu zemlju ubrajamo u sam vrh zemalja po šumovitosti.

Ukupna površina šumskog zemljišta u RH iznosi 2 688 687 ha što iznosi 47% površine na kopnu. Od toga je 2 108 987 ha u vlasništvu RH, što znači da je 78% šumskog zemljišta u vlasništvu RH. Dok je samo 22% zemljišta u privatnom vlasništvu, odnosno 581 770 ha. (slika 1.). Osim podjele šuma prema vlasništvu, šume također djelimo prema njihovoj namjeni na gospodarske šume, zaštitne šume i šume s posebnom namjenom.



**Slika 1.** Udjel šuma prema vlasništvu u RH

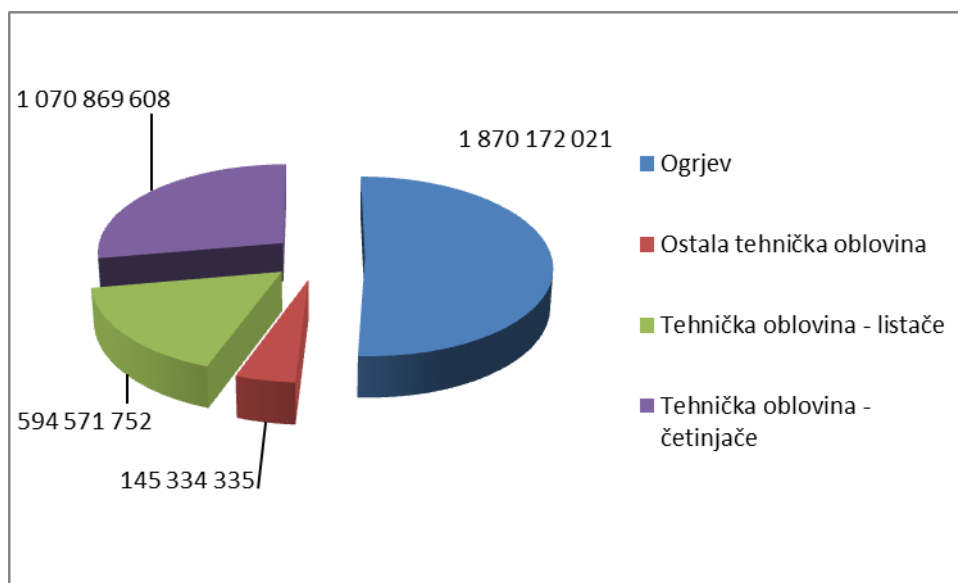
**Izvor:** <https://www.google.hr/search?q=podjela+šuma+prema+vlasništvu>

Za gospodarenje Hrvatskim šumama možemo reći da je održivo jer godišnji prirast drvene zalihe je 8 milijuna m<sup>3</sup>, a etat je 5.8 milijuna m<sup>3</sup>. Tako da je godišnje iskorištavanje šuma manje u odnosu na prirast te se time osigurava opstanak šuma. Pod ukupnom površinom od 2 108 987 ha, koja je u vlasništvu Hrvatskih šuma imamo raznoliku vegetaciju drvnih vrsta što listača što četinjača. Od listača bukva (*Fagus sylvatica* L.) zauzima najveću rasprostranjenost, obzirom da zauzima 37,4 % ukupne populacije drvnih vrsta, zatim slijedi hrast lužnjak (*Quercus rubur* L.) sa 14,9 %. Od četinjača najviše ima jele (*Abies Alba* Mill.) 9,2 % od ukupnih drvnih vrsta. Drvna zaliha spomenutih i ostalih vrsta drva može se vidjeti u tablici 1.

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>/<br>Other publics |              | Privatne<br>šume /<br>Private<br>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 pseudoacacia</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              |              |

U svijetu se proizvede oko 51% drva za ogrijev, što znači da ostatak otpada na tehničku oblovinu od listača, tehničku oblovinu od četinjača, te ostalu tehničku oblovinu (slika 2.). Tako da možemo zaključiti da se i danas najviše drvene mase iz šuma uglavnom koristi za ogrijev, a onda tek za proizvodnju proizvoda od drva.



**Slika 2.** Svjetska proizvodnja glavnih šumskih proizvoda u 2006. godini  
**Izvor:** [http://www.hkisdt.hr/podaci/2015/ostalo/Sumski\\_proizvodi\\_skripta.pdf](http://www.hkisdt.hr/podaci/2015/ostalo/Sumski_proizvodi_skripta.pdf)

Biomasa se odnosi na materijale biljnog i životinjskog porijekla koja se može koristiti kao gorivo ili industrijsku proizvodnju. Najčešće se koristi kao energija za grijanje ali može se koristiti i za proizvodnju električne energije ili topline, te se odnedavno koristi za proizvodnju biogoriva.

Svake godine na zemlji nastaje oko 2 000 milijardi tona suhe biomase. Za hranu se od toga koristi oko 1,2 %, za papir 1 %, i za gorivo 1 %. ostatak, oko 96 % trune ili povećava zalihe obnovljivih izvora energije.

Biomasa je vrlo prihvatljivo gorivo sa gledišta utjecaja na okoliš jer sadrži vrlo malo ili uopće ne sadrži štetne tvari kao što su sumpor, teški metali i sl. koji se nalaze u fosilnim gorivima. Glavna prednost biomase je ta što je to obnovljiv izvor.

Posljednje desetljeće donijelo je velike promjene na europskom tržištu energijskog drva. Obveze zemalja članica Europske unije definirane nacionalnim akcijskim planovima za obnovljivu energiju mobiliziraju značajne količine šumske biomase za proizvodnju novih oblika čvrstih biogoriva – drvna sječka i peleta. No, ogrjevno drvo u tradicionalnom obliku jednometarskih cjepanica i oblica, najčešće proizvedeno samoizradom, još je uvijek najznačajniji energent za proizvodnju toplinske energije u ruralnim područjima Republike Hrvatske (Vusić; Zečić; Smetko, 2015.).

Struktura plana prodaje energijskog i celuloznog drva iz državnih šuma RH za 2014. godinu pokazuje da se 86% udjela u ukupnim proizvedenim količinama (2 518 000 m<sup>3</sup>) neto namjerava iskoristiti kao energijsko drvo za kućanstvo, preradu u kratko rezano i cijepano drvo, proizvodnju peleta, uporabu u kogeneracijskim postrojenjima i proizvodnju drvenog ugljena. U državnim šumama (koje zauzimaju 78 % ukupne šumske površine RH) značajne se količine jednometarskog ogrjeva (10 – godišnji prosjek od 718 000 m<sup>3</sup> neto/god.) i dalje proizvede socijalno-ekonomskih čimbenika i odsutnosti ozbiljnije potražnje za drvnom sječkom na domaćem tržištu. Osim tradicionalnog načina proizvodnje, prodaje i uporabe jednometarskog (i lokalno prerađenog višemetarskog) ogrjevnog drva, posljednjih godina veći broj poduzeća (113) započinje proizvodnju kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva, uglavnom za izvoz, a planirane količine energijskog drva za preradu u navedenim poduzećima u 2014. godini iznosile su do 530 000 m<sup>3</sup> neto samo iz državnih šuma. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku ([www.dzs.hr](http://www.dzs.hr)) u proteklih pet godina izvezeno je 2 162 000,5 t ogrjevnog drva ukupne vrijednosti 1 026 684 x 10<sup>3</sup> kn. Od ukupno 247 000,2 t ogrjevnog drva izvezenog u 2010. godini 73 % činilo je kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo s prosječnom cijenom od 503 kn/t. U 2014. godini ukupno je izvezeno 659 000,5 t ogrjevnoga drva; najviše u Italiju (62 %), zatim Sloveniju (17 %), Mađarsku (12 %) i Austriju (8 %) (Vusić; Zečić; Smetko, 2015.).

## 2. Cilj istraživanja

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

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

U konačnici cilj je iz dobivenih rezultata vidjeti do kakvih je promjena došlo kod gustoće drva, koja je vrlo bitna s gledišta izgaranja ogrjevnog drva, odnosno ima veliki utjecaj na kalorijsku vrijednost drva. Svi ti podaci su podjednako bitni jer imaju veliki utjecaj i na konačni obračun, količinu, transport i najbitnije na cijenu.



## 3. Dosadašnja istraživanja

Od kad je čovječanstva drvo se koristi u ogrjevne svrhe. Za ogrjev se mogu koristiti sve vrste drva kako listače tako i četinjače, razlika je u tome što ogrjevno drvo listača ima veću gustoću od ogrjevnog drva četinjača, pa je tako potrebna i veća količina ogrjevnog drva četinjača kako bi se dobila jednaka toplinska energija kao kod listača.

Na toplinsku energiju uvelike utječe i sadržaj vode u drvu, sa smanjenjem sadržaja vlage u drvu povećavamo ogrjevnu vrijednost drva. Do danas se drvo najčešće suši prirodnim putem, gdje drvo možemo osušiti i do 15% sadržaja vode. Naravno na to utječe vrijeme sušenja, sa povećanjem vremena sušenja smanjujemo sadržaj vode u drvu, ali do određenog sadržaja vode koja ovisi o vrsti drva i o načinu skladištenja. U zadnje vrijeme, radi potražnje tržišta počelo se primjenjivati i umjetno sušenje drva.

### 3.1. Normiranje glavnih šumskih proizvoda

Norma je dokument donesen konsenzusom i odobren od priznatog tijela, koji za opću i višekratnu upotrebu daje pravila, upute ili značajke za djelatnosti ili njihove rezultate, te koji jamči najbolji stupanj uređenosti u danom kontekstu (Zečić, 2013.).

Uzance ili pisani trgovački sporazumi su prvi oblici standarda ili normi nastali prema mjestu dogovora, odnosno nastanka. Tako imamo: Zagrebačke uzance, Ljubljanske uzance, Tršćanske uzance, Bečke uzance i Peštanske uzance.

Standard je skup svih normi za jedan proizvod, a njihov je zadatak da definira oblik, dimenziju, kvalitetu i način obrade proizvoda. U bivšoj državi (Jugoslaviji) oznaka za norme ili standard je bila JUS. 1940. godine je došene uredba o određivanju i kontroli kvalitete proizvoda.

Dok je tek 1950. godine donesena uredba o tehničkim standardima - savezni zavod za standardizaciju i način rada (Zečić i Vusić, 2013.).

Ciljevi normizacije, odnosno donošenja normi su: povećanje razine sigurnosti proizvoda, procesa, čuvanje zdravlja života ljudi, zaštita okoliša, promicanje kvalitete proizvoda, procesa i usluga te otklanjanje tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini.

U Hrvatskoj je 2005. godine osnovano nacionalno tijelo za normizaciju koje djeluje od 1993., a od 1996. na temelju Zakona o normizaciji (NN 55/96) počinje s izdavanjem novih hrvatskih normi čija primjena nije obvezna.

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

Hrvatske norme koje su proizašle iz JUS-a su 1995. godine povučene iz upotrebe te se na njih više nije moglo pozivati. Ulaskom u EU, 2008. godine su povučene i posljednje norme iz JUS-a, te smo morali prihvatiti europske norme (EN), to je bio jedan od uvjeta.

Šumski proizvodi prema hrvatskim normam su bili razvrstani u 22. norme. Tim normama smo se služili od 1950. godine pa sve do 2008. godine.

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).

Normom HRN D.B0.022 1984 stablo se razvrstava na granjevinu, panjevinu, deblovinu i sitnu granjevinu.

**Deblovina** je drvni obujam debla i rašlji od 7 cm naviše, mjereno na tanjem kraju, bez kore. **Granjevina** je drvni obujam grana debljih od 7 cm, mjereno s korom. **Sitna granjevina** (kićevina) je drvni obujam grana tanjih od 7 cm, mjereno s korom. **Panjevina** je drvni obujam nadzemnog i podzemnog dijela panja i debljih dijelova korijena (Zečić i Vusić, 2013.).

Stablo također razvrstavamo prema načinu upotreba:

Drvo se prema načinu uporabe dijeli na:

- a) drvo za tehničko iskorištavanje (tehničko drvo),
- b) drvo za kemijsko iskorištavanje,
- c) drvo za ogrjev.

Tehničko drvo dijelimo na:

- a) oblo tehničko drvo,
- b) cijepano drvo,
- c) tesano drvo.

Oblo tehničko drvo dijelimo na:

- a) trupce,
- b) oblu građu,
- c) sitno tehničko drvo.

**Tehničko drvo** su dijelovi debla i grana kod kojih se koriste tehnička svojstva. **Drvo za kemijsko iskorištavanje** su dijelovi stabla (oblo, cijepano drvo, granje, korijenje i kora) koji služe za preradbu kemijskim postupkom.

**Drvo za ogrjev** je ono drvo koje nije tehnički uporabivo i od kojeg se koristi toplinska energija. **Oblo tehničko drvo** su dijelovi stabala koji su namijenjeni za tehničku uporabu a zadržali su prirodni oblik poslije izrade. **Cijepano tehničko drvo** su cjepanice namijenjene daljnjoj preradi. **Tesano tehničko drvo** su dijelovi debla koji su obrađeni tehnikom tesanja, a namijenjeni su za neposrednu uporabu (Zečić i Vusić, 2013.).

### Prostorno drvo

Prostorno drvo se izrađuje kao jednometarsko i višemetarsko (slika 3.), mjeri se u metrima kubnim ( $m^3$ ). Jednometarski složajevi se slažu na mjestu izrade drvne mase, deblji komadi se cjepaju na manje komade te se slažu u složajeve iste širine i visine. Visina složaja se slaže na jedan metar visine sa nadmjerom od 10%, radi međuprostora u složaju. Dok se višemetarsko drvo izvlači iz odjela na stovarišta te ondje slaže u složajeve na istu visinu.

Na krajevima jednog složaja dozvoljava se međusobno okomito slaganje. Prostorno drvo obilježava se u složaju na 50 % cjepanica odnosno oblica s jedne strane složaja ili 30 % s obje strane složaja.



**Slika 3.** Jednometarsko i višemetarsko ogrjevno drvo

Budući da se prostorno drvo mjeri i isporučuje sa korom u metrima kubnim ( $m^3$ ) ili težinski (kg) napravljene su tablice sa pretvorbenim koeficijentima a to su:

Pretvorbeni koeficijenti za prostorno drvo (Zečić i Vusić, 2013.).

|   |      |
|---|------|
| • za složajevе tehničke cjepanice   | 0,80 |
| • za složajevе tehničke oblice  | 0,75 |
| • za složajevе prostornog drveta za celulozu, polucelulozu i drvenjaču od četinjača i listača | 0,70 |
| • za složajevе pilanskih otpadaka   | 0,50 |
| • za složajevе šumskih ostataka   | 0,40 |
| • za složajevе panjevine  | 0,45 |
| • za složajevе sječenice  | 0,55 |
| • za sječke   | 0,37 |
| • za drvo za ogrjev i za drvo za drvne ploče  | 0,69 |

### **Tehnička cjepanica**

Cjepano tehničko drvo je namjenjeno za daljnju preradu, najčešća upotreba cijepanog drva je za ogrjevnu upotrebu. Cjepanice se izrađuju od 1 m na više, rastući po 10 cm, tetiva luka se kreće od 10 cm do 24 cm, to sve ovisi o dogovoru i uporabljivosti. Tehnička cjepanica se izrađuje iz oblog drva minimalnog promjera od 14 cm rastući na više, dok se širina cjepanica kreće od 12 do 20 cm. Tehnička cjepanica (slika 4.) se dijeli u dvije klase prema kvaliteti:

I. klasa - cjepanice i oblice. Dopušta kvрге svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % isporučene količine, 30 % prozuklih komada, visina luka do 15 cm, neograničena usukanost.

II. klasa- cjepanice i oblice koje ne pripadaju I. klasi te gule duljine 0,5 do 1,2 m i debljine 25 do 40 cm. Dopušta se zakrivljenost, usukanost neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvрге svih vrsta i veličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine (Zečić i Vusić, 2013.)



**Slika 4.** Tehnička cjepanica

### **Tehnička oblica**

Oblica (slika 5.) je namjenjena za daljnju obradu, izrađuje se od oblog drva srednjeg promjera od 12 cm na više, te dužine od 0,5 do 1,3. Tehnička oblica nema nekih posebnih uvjeta što se tiče dozvoljenih grešaka. Zdrave srasle kvrge do 20 mm su dozvoljene, dok zdrave srasle kvrge do 40 mm su dozvoljene po jedna kvrga po komadu. Zakrivljenost je dopuštena do 2 % na dužinu, te zdrava neprava srž do 50 % promjera.



**Slika 5.** Tehnička oblica

**Izvor:** <https://www.google.hr/search?q=tehnika+oblica>

## **Celulozno drvo**

Za proizvodnju celuloznog drva se mogu koristiti sve vrste drva od listača do četinjača, od drva se uzima samo prostorno drvo (cjepanice i oblice), oblovina određenih dimezija, pilanski i šumski ostaci te sječenice. Donesene su neke norme kojih se treba pridržavati prilikom odabira drva za izradu drvne celuloze a to su da oblice moraju biti minimalne dužine 1 m na više, a debljina 10 do 25 cm. Mora biti zdravo, ne smije biti prestaro ili jako trulo. Mora biti što pravilnije građe, te što čišće od grana i kvrga. Dozvoljava se po koja kvrga, ali mora sadržavati što manje srži.

Nepoželjne su raspukline jer se u raspuklinama sakupljaju nečistoće, a to nepovoljno utječe na kvalitetu celuloze. Celuloza se dobiva kuhanjem usitnjenog drva pod povišenim tlakom i temperaturom (kemijskim postupkom) u alkalijskoj i kiseloj otopini. Od celuloze izrađujemo veliki broj proizvoda i ima široku primjenu od izrade papira (salvete, kuhinjskog i WC papira, maramica...), kartona, celulozna vlakna, tu su i njeni derivati za izradu lakova, ljepila i dr. Možemo zaključiti da ima široku primjenu u industrijskim proizvodnjama.

## **Drvo za drvenu vunu**

Drvena vuna je proizvod nastao sljepljivanjem drvnih vlaknaca i cementa, u svrhu toplinskog izolatora. Najčešće se koriste meke vrste drva. Trupci se usitnjavaju struganjem u trakice širine od 0,60 do 12,5 mm, te debljine od 0,08 do 0,50 mm. Drvena vlakanca su dobar toplinski izolator a cement pločama daje krutost i stabilnost oblika. Zbog lošeg nasjedanja drvnih vlaknaca unutar ploče, ploča ima malu gustoću a samim time i malu masu koja se kreće od 200 do 500 kg/m<sup>3</sup>, a to ovisi o tlaku prešanja.

Najčešća upotreba takovih poloča je u graditeljstvu kao toplinski izolator, ali rijetko se koriste samostano uvijek uz neki bolji izolator u kombinaciji. Osim primjene u graditeljstvu, ploče od drvne vune se mogu koristiti i za pakiranje proizvoda, pogotovo proizvoda koji su lomljivi jer ploče apsorbiraju udarce i ne prenose vibracije.

## **Drvo za drvene ploče**

Za izradu drvnih ploča se koriste sve drvene vrste kako listače tako i četinjače. Kod izrade ploča se koristi drvo iverje za izradu (iverica ili vlaknatica) ili furnirski listovi za izradu uslojenog drva. Drvo iverje može biti različite kvalitete, dimenzija i oblika.

Za izradu ploča se koristi tlak prešanja sa ili bez povišene temperature koja ovisi o vrsti preše i ljepila. Mogu se koristiti sve vrste drvnih oblika od oblica, cjepanica, pilanskog ostatka i dr.

## **Drvo za ogrjev**

Pod pojmom drvo za ogrjev podrazumjevamo sve drvo koje nije tehnički upotrebljivo, te koje proizvodi toplinu. Drvo za ogrjev se može izrađivati od svih vrsta drva. Drvo za ogrjev svrstavamo u dvije skupine, sirovo i suho ogrijevno drvo.

Pod sirovo ogrijevno drvo svrstavamo drvo kod kojeg je od sječe prošlo manje od 4 meseca, dok suho ogrijevno drvo spada u drva koja su oborena duže od 6 mjeseci. Sječa stabala se vrši u dva perioda u godini, a to su zimska i ljetna sječa. Zimska sječa se vrši u periodu od (01. 10. – 31. 03.), dok ljetna od (01. 04. – 30. 09.). Kod drva za ogrjev je bitna gustoća drva za ogrjev, jer sa povećanjem gustoće povećava i energetska vrijednost drva. Tako smo vrste drva podjelili na tvrde i meke listače te četinjače. Od tvrdih listača imamo bukvu, grab, hrast, javor, bagrem, jasen, a od mekih breza, joha, lipa, topola, vrba. Od četinjača to su jela, smreka, bor, ariš.

Kod ogrijevnog drva imamo razne oblike i karakteristike a to su:

## **Cjepanice**

To su komadi drva 1 m duljine  $\pm$  5 cm. Izrađuju se cijepanjem oblog drva promjera 14 cm na više (slika 6.), koje je s oba kraja prepiljeno pilom. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 24 cm. Cijepane oblice su širine 12 do 20 cm (Zečić i Vusić, 2013.).



## Oblice

Izrađuju se od oblog drva, koje je s oba kraja prepiljeno pilom. Oblice su duljine kao i cijepanice, a promjera 7 do 12 cm (Zečić i Vusić, 2013.).

## Sječenice

Izrađuju se od oblog drva koja su na oba kraja presječeno sjekirom ili pilom. Promjera su 3 do 7 cm, a duljine su od 0,90 do 1,20 m (Zečić i Vusić, 2013.).

## Gule

Kvrgavi, necjepivi komadi drveta, debljine do 40 cm, a duljine od 0,50 do 1,20 m (Zečić i Vusić, 2013.).

## Panjevina

Komadi drva dobiveni cijepanjem panja debljine 15-40 cm (Zečić i Vusić, 2013.).

## Otpaci (Ostaci)

Komadi drva koji otpadaju pri sječi, piljenju, rezanju, cijepanju, tesanju i koranju u šumi i na pilani (slika 6.). Komadi drva su debljine 0,5 do 25 cm, širine 2 do 25 cm i duljine 15 do 120 cm (Zečić i Vusić, 2013.).



**Slika 6.** Ostaci (otpac) nakon cijepanja i cijepano ogrjevno drvo složeno u paketu

### 3.1.2. Razvrstavanje glavnih šumskih proizvoda prema HRN EN

Glavni šumski proizvodi se razvrstavaju prema normama HRN EN, koje su vjerodostojne za drvnoprerađivački i šumarski sektor. Kupac i prodavač se ne moraju pridržavati tih pravila, nego međusobnog dogovora. Postoje 23. propisane norme prema HRN EN a to su:

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. General terms relating to round timber (EN 844-2:1997).
4. 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 8445:1997).
5. 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 8447:1997).
6. 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).
7. 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 84410:1998).
8. 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).
9. 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).
10. Additional terms and general index (EN 844-12:2000).
11. HRN EN 1309-2:2006. Oblo i piljeno drvo - Metoda mjerenja dimenzija - 2. dio:

12. 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 13092:2006).
13. 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).
14. 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).
15. HRN EN 1315:2010 Razredba dimenzija oblog drva (EN 1315:2010).
16. Dimensional classification of round timber (EN 1315:2010).
17. 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).
18. 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).
19. 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).
20. HRN EN 1438:1999 Simboli za drvo i drvne proizvode (EN 1438:1998). Symbols for timber and wood-based products (EN 1438:1998).
21. 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).
22. 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).
23. 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).

24. 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).
25. 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).
26. 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).
27. EN 14229:2010 Structural timber - Wood poles for overhead lines. Konstrukcijsko drvo - Drveni stupovi za nadzemne vodove.

### 3.1.2.1. Čvrsta biogoriva

U čvrsta biogoriva ubrajamo drvne proizvode kao što su drvna sječka, drvno iverje, sve vrste cjepanog i oblog drva, drvni pelet, briket te svi drugi biljni ostaci. U razdoblju između 2009. i 2012. godine Europski odbor za normizaciju je objavio većinu normi, te je 2012 godine Hrvatska prihvatila te norme, te su dostupne u normatici Hrvatskog zavoda za norme.

Norme za čvrsta biogoriva:

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 prosijavanje 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 prosijavanje 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 152346:2012).
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

Imamo više načina i tehnologija cjepanja drva. Način cjepanja drva ovisi o mjestu izrade ogrjevnog drva. Najčešće se drva za ogrjev izrađuju u šumama na mjestu obaranja stabla te se slažu u složajeve. U novija vremena i za potreba proizvodnje koristimo moderniju tehnologiju pa se drva cjepaju u pogonima za masovnu izradu.

### 3.2.1. Samoizrada ogrjevnog drva kraj panja

Najstariji način izrade ogrjevnog drva je odmah na panju. Nakon izvlačenja vrijednije tehničke oblovine, granjevina i deblja oštećena oblovina se izrađuje za ogrjev. I dan danas za izradu ogrjevnog drva se koriste alati koji su se koristili i godinama prije kao što su sjekire, cjepači i pile (motorne pile).

Sama tehnologija izrade na panju nije uznapredovala, dok kod izrade ogrjevnog drva u pogonima razvijeni su automatski strojevi koji su uvelike povećali izradu ogrjevnog drva. Sa nastankom novije i brže tehnologije povećala se i cijena samog proizvoda, tako da je i dalje najjeftinija izrada ogrjevnog drva na panju, ali i puno sporiji način.

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

##### Sjekira

Sjekira je prvo oruđe koje je isprva korišteno kao oružje ali ujedni i alat za višestruku namjenu pa tako i za sječu drva (slika 7.). Stabla su prije nastanka motorne pile obarala sa sjekirama, a u današnje vrijeme najviše služe za cjepanje drva. Sjekira je izrađena od sječiva i drške. Sječivo je napravljeno od dobro kaljenog željeza, a drška se radila od čvršćih vrsta drva, no u novija vremena se rade i od umjetnih materijala kao što su karbonska vlakna.

##### Bat za cjepanje

Bat je alat za cjepanje drva, najčešće se sa njim cijepa metraža, može se cjepati i kratko ogrjevno drvo vrlo je sličan sjekiri, razlika je u tome što bat ima deblju oštricu kako bi prilikom cjepanja puno lakše drvo pucalo (slika 7.). Također se po glavi bata može i udarati dok se kod sjekire to ne može.



Bat je vrlo efikasan kod cjepanja drva ali ima i svojih nedostataka, kao što su težina. Teži oko 4 kg, što zadaje puno brže umaranja radnika nego pri radu sa sjekirom. Također kao i kod sjekire drška se izrađuje od tvrdih vrsta drva, ali u novija vremena i on umjetnih materijala kao što su karbonska vlakna.



**Slika 7.** Sjekira i bat za cjepanje

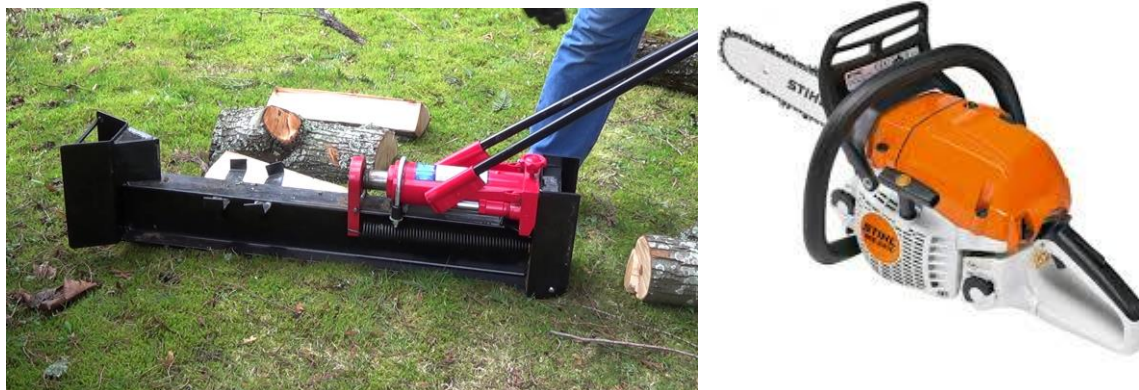
**Izvor:** <http://www.unikomerc-uvoz.hr/proizvod/Bavarska>

## Ručni hidrulični cjepač

Hidraulični cjepač radi na principu hidraulike, pomicanjem ručke naprijed – nazad istiskujemo klip prema van na kojem se nalazi klin (oštrica) koji služi za cjepanje odnosno kalanje drva (slika 8.). Puno lakši način cjepanja drva nego kod ručnog cjepača, ali i puno sporiji način nego kao kod motornih cjepača.

## Motorna pila

Motorna lančana pila je mehanizirani stroj, može biti pogonjena pomoću struje ili dvotaktnog motora, a sastoji od motora vodilice i lanca (slika 8.). Primjena motorne pile je velika, kako u šumarstvu i drvnoprerađivačkim industrijama, tako može služiti i u bilo koje druge svrhe, ali uz promjenu lanca, ovisno za koju upotrebu se koristi.



**Slika 8.** Ručni hidrulični cjepač i motorna pila

**Izvor:** <http://alatimilic.hr/shop/Pila-motorna>

## 3.2.2. Specijalizirana izrada na sječini mehaniziranim načinom

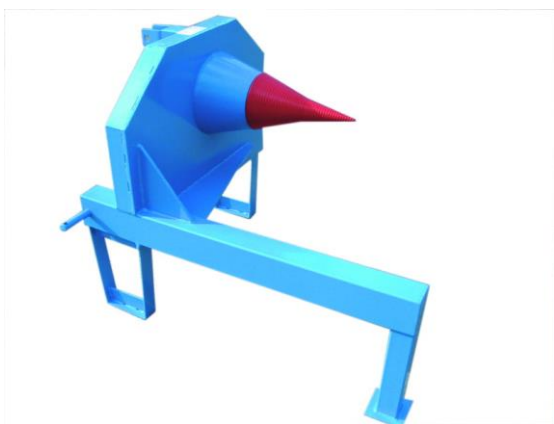
Od mehaniziranih strojeva za izradu ogrjevnog drva na sječini koriste se cjepači pogonjeni traktorom, a pogone cjepače na trn (svrdlo) i hidraulične cjepače. Tim načinom cjepanja drva puno je brži i efikasniji način izrade.

### Cjepač na trn (svrdlo)

Cjepač na trn odnosno svrdlo je uređaj pogonjen traktorom, najčešći uređaj koji se koristi za izradu ogrjevnog drva na sječini (slika 9.). Trn odnosno svrdlo je izbrazdano u obliku svrdla. Kada se svrdlo zavrti pomoću traktorskog vratila postiže veliku brzinu, te prislanjanjem oblica ili većeg cjepanog drva svrdlo samo privlači drvo na sebe te ga kala na dva dijela.

### Hidraulični cjepač

Hidraulični cjepač je puno efikasniji uređaj za izradu ogrjevnog drva od cjepača na svrdlo (slika 9.). Najveća prednost ovog načina cjepanja drva od ručnog načina cjepanja je u tome što se sa hidrauličnim cjepačem mogu cjepati i kvrge, dok je to ručnim načinom ponekad nemoguće. Hidraulični cjepač se pogoni elektromotrom, dizelskim ili benzinskim motorom te taktorom. Kod hidrauličnih cjepača cjepanje se može odraditi na dva načina a to je vertikalno cjepanje i horizontalno.



**Slika 9.** Cjepač na svrdlo i hidraulični vertikalni cjepač

**Izvor:** <http://www.bauhaus.hr/strojevi-i-pribor/strojevi/cjepaci-drva>

### 3.2.3. Mehanizirana izrada u postrojenju

Sa porastom potražnje ogrjevnog drva razvijale su se i tvornice za izradu ogrjevnog drva. Kod takvog načina izrade ogrjevnog drva potrebni su i posebni zahtjevi kao što je stovarište sirove građe, mehanizirani alati, te prostor za odlaganje gotovih paketa ogrjevnog drva. Svi ti uvjeti izrade ogrjevnog drva, iziskuju veća ulaganja a samim time i veću cijenu proizvoda.

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

U tvrtki gdje smo odradili potrebna istraživanja na metričkim cjepanicama se proizvodi ogrjevno drvo. Drvna sirovina, odnosno višemetrica se doprema sa kamionima na stovarište. Drvnu sirovinu nabavljaju na javnim natječajima hrvatskih šuma ili od privatnih veleposjednika. Nakon dopreme višemetrice, raspiljuju ih sa motornom pilom na dužinu od jedan metar (slika 10.).



**Slika 10.** Stovarište višemetrice i prikrajčivanje na metražu

Nakon raspiljivanja višemetrice dio metraže se skladišti na stovarištu a dio se odmah cjepa. Za takav način proizvodnje ogrjevnog drva nije potreban veliki prostor jer se cjelokupni proces odvija na stovarištu. Dobivena jednometarska oblica se cjepa na horizontalnom hidrauličnom cjepaću (slika 11.). Cjepanje je vrlo jednostavno, hidraulični cilindar pod pritiskom gura drvo na oštricu. Oštrica može biti više, može ih biti 4, 6 ili 8, a to ovisi o tome koliko sitno želimo cjepati oblicu, ali postoji i ograničenje, a to je na dužinu. Moguće je cjepati maksimalno 120 cm dugu oblicu.



**Slika 11.** Cjepanje oblice na horizontalnom cjepaču

Iscjepana oblica se slaže na stovarište i čeka na daljnje raspiljivanje na kratke cjepanice, dužina ovisi o kupcu a kreće se od 25, 33 i 50 cm. Raspiljivanje cjepanica se vrši na stolarskim tračni pilama (slika 12.), te se slažu u palete dimenzija 1 m x 1 m x 1,80 m. Nakon čega se palete sortiraju na stovarištu po vrsti drva i vremenu izrade te čekaju otpremu kupcima.



**Slika 12.** Raspiljivanje cjepanica na kratke komade i eventualno dodatno cijepanje te slaganje u pakete

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

#### Prihvatanje sirovine

Višemetrijsko ogrjevno drvo se nabavlja od HR šuma, trgovaca drvnom sirovinom te privatnih šumskih veleposjednika. Višemetrica se prevozi kamionima do stovarišta tvornice (slika 13.), nakon obrade na stovarištu gdje se izvršilo prikrajanje višemetrice na dužinu od 3 do 5 metara.



Slika 13. Doprema sirovine

#### Piljenje i cijepanje drva

Višemetrica se nakon dopreme na stovarište transportira do višenamjenskog stroja kojim se vrši prikrajanje i cijepanje uz minimalno korištenje ljudske pomoći (slika 14.). Proces izrade se sastoji od više operacija, prvo se višemetrica ako je potrebno kroji na dužinu od 3 do 3,5 metara. Nakon krojenja na dužinu višemetrica se prebacuje pomoću utovarivača na transporter koji automatski povlači višemetricu na kružnu pilu. Na kružnoj pili višemetrica se kroji na dužinu od 30 cm ili na neku drugu dužinu ovisno o željama kupaca.

Kratka oblica se automatski transportira do cjepača gdje se vrši cjepanje oblice na više dijelova, količina dijelova cjepane oblice ovisi o promjeru kratkih oblica (2 – 10) komada.

Nakon cjepanja ogrjevno drvo se transportira pomoću transportera direktno u kamion, kontejner ili na pod na mjesu izrade. Kapacitet stroja ovisi o njegovoj veličini, mogu izrađivati u 60 minuta od 1 m<sup>3</sup> do 5 ili 6 m<sup>3</sup>. Naravno sa povećanjem kapaciteta stroja povećava se i cijena stroja.



**Slika 14.** Automatski stroj za piljenje i cjepanje višemetrice

**Izvor:** <http://www.hakmet.com/index.html>

## Sušenje

Znamo da se ogrjevno drvo cjepa u sirovom stanju, te mu se sadržaj vode kreće od 50% do 80%, a drvo spremno za loženje mora imati sadržaj vode manji od 20%. Tako da drvo prije prodaje moramo osušiti. Možemo ga sušiti na dva načina, prirodnim sušenjem i u sušionicama (slika 15.).

Prirodno sušenje je dugotrajan proces relativno jeftin. Pri izradi drva za ogrijev na veliko drvo se često suši u sušionicama. Drvo u sušionicama se suši pri temperaturi od 70° C, te se prati temperatura i relativna vlaga zraka pomoću specijalnih digitalnih uređaja. Medij zagrijavanje komore je voda kako nebi došlo do požara.



**Slika 15.** Prirodno i umjetno sušenje ogrjevnog drva

Izvor: <http://lineta.rs>

Posljednja operacija izrade ogrjevnog drva je skladištenje. Pakete sortiramo prema vrsti drva načinu pakiranja i kvaliteti, pakiraju se u palete, mrežaste ili plastične vreće (slika 16.). Sotriranje po kvaliteti se vrlo često vrši strojno te se tako ubrzava proces pakiranja.



**Slika 16.** Pakiranje i skladištenje ogrjevnog drva

Izvor: <http://www.drvo-epet.com>

### 3.3. Neki činitelji uspješnosti izrade ogrjevnog drva

Šume su obnovljivi ali ograničeni izvori resursa, te je potrebno njeno maksimalno iskorištenje. Potrebno je maksimalni izvući iz drvene mase njenu vrijednost uz minimalne troškove. Odabir stabala za sječu se vrši dugogodišnjim iskustvom i pravilnicima koji proizlaze iz pravilnika o gospodarenju i uzgoju šuma. Najčešće se sjeku najstarija stabla, stabla koja imaju najveću drvenu masu u sastojini ali i oštećena i bolesna stabla, kako se nebi narušio daljnji rast sastoine. Pod ogrjevnim drvom smatramo drvenu masu (višemetrica i metrica), celulozno drvo i drvo za celulozne ploče do najmanjeg promjera s korom od 7 cm. (Prka, 2009).

Prilikom izrade ogrjevnog drva kora je važan čimbenik gubitka pri sječi i izradi, debljina kore najviše ovisi o vrsti drva ali i o starosti drva, što starije drvo to je kora deblja. To je važan čimbenik jer kora ima veću gustoću od drva u sirovom stanju. To je jako bitno jer se ogrjevno drvo isporučuje sa korom te tako koru možemo ubrajati u sekundarnu sirovinu. Drvo je porozan materijal, što znači da samo drvo se ne sastoji samo od drvene tvari, nego je ispunjeno i porama i drvnim stjenkama u kojima se nalaze voda u kojoj su otopljene razne mineralne tvari. Od vrsta drva razlikujemo prstenasto-porozne vrste drva i difuzno porozne vrste drva. Pore i stanične šupljine su važne za rast i razvoj drva jer se kroz njih odvijaju svi procesi rasta i razvoja drva, sječom stabala se prekida proces rasta. Voda u drvu može biti slobodna voda i vezana voda. Slobodna voda u drvu se nalazi u porama i staničnim šupljinama te se najlakše uklanja iz drva, već nakog samog obaranja stabla dio slobodne vode izlazi iz drva, to je voda iznad točke zasićenosti vlakanaca. Točka zasićenosti vlakanaca je točka kod koje je drvo izgubilo svu slobodu vodu te je ostala samo vezana voda, a kreće se od 22 – 44 % ovisno o vrsti drva. Vezana voda u drvu koja se nalazi u staničnim stjenakama se teško uklanja iz drva i to je voda ispod točke zasićenosti vlakanaca. Ovisno o sadržaju vode u drvu razlikujemo provelo, prosušeno i suho drvo. Provelo drvo, drvo je izgubilo svu slobodnu vodu te se sadržaj vode kreće oko točke zasićenosti vlakanaca. Prosušeno drvo je izgubilo i dio vezane vode te ga dijelimo na zrakosuho (12 – 18%) i sobosuho ( 8 – 12%) drvo, te suho drvo koje je osušeno na umjetan način ima sadržaj vode 0%.



Procesi adsorpcije i desorpcije u drvu ovise o vanjskim uvjetima, odnosno o uvjetima u kojem se drvo nalazi. Drvo kada adsorbira ono upija vlagu iz okolnog zraka, a kada difundira ono gubi vodu iz drva, sve dok se ne postigne ravnotežni sadržaj. Voda iz drva najviše difundira u longitudinalnom smjeru 10 do 15 puta više nego u tangentnom ili radijalnom smjeru. Poroznost i gustoća su obrnuto proporcionalni, znači sa povećanjem gustoće drva smanjuju se pore u drvu i obrnuto. Velik je broj utjecaja koji uvjetuju gustoću drva, kao što su vrsta drva, građa drva, rano i kasno drvo, starost stabla, stanište, kemijski sastav i dr. Određivanje gustoće drva u odnosu na vrijeme prirodnog sušenja prostornog drva je zapravo povezivanje njihove volumne i težinske mjere. U periodu od obaranja stabla do prodaje ogrjevnog drva može proći dosta vremena, te u tom periodu mogu nastati gubici od usuha.

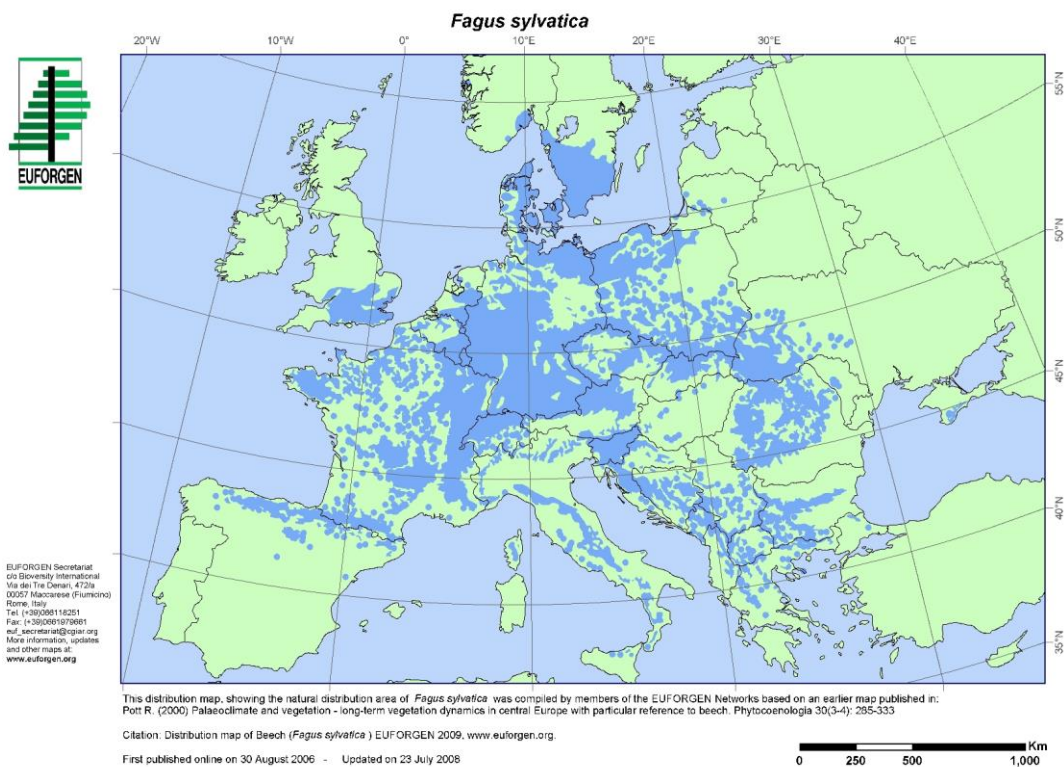
Zelić i Međugorac (2001), napravili su istraživanje kojim su htjeli dokazati da vanjski uvjeti mogu značajno usporiti ali i ubrzati tijek prirodnog sušenja ogrjevnog drva. Istraživanja su proveli na više vrsta drva (oblice), a to su hrast kitnjak, grab, bukva, bijela topola i breza, u tri dužine od 20, 100 i 200 cm, promjera od 15 do 20 cm. Masu oblica su mjerili elektronskom vagom, a volumen su izračunavali stereometrijski. Mjerenja su se vršila svakih 7 dana od trenutka obaranja, a cjelokupno istraživanje je trajalo 140 dana. Obuhvaćena su tri godišnja doba, zima, proljeće i ljeto. Došli su do zaključaka da su oblice izgubile dio vode, te su time postale lakše za manipulaciju, također da vanjski utjecaji znatno usporavaju, zaustavljaju i pospješuju tijek prirodnog sušenja.

Utvdili su da dužina oblica ima veliki utjecaj kod prirodnog sušenja, jer kod kraćih oblica isušivanje je puno veće u longitudinalnom smjeru nego u radijalnom i tangentnom. Također se pokazalo da kora ima velik utjecaj, jer je hrast izgubio veću količinu vode nego breza, tako da kora služi kao toplinski izolator. Podaci koje su dobili nakon istraživanja kod bukve za dužine 20, 100 i 200 cm. Oblice dužine 20 cm su u sirovom stanju imale  $1083,93 \text{ kg/m}^3$  a u prosušenom stanju  $812,94 \text{ kg/m}^3$ , bukova oblica dužine od 100 cm u sirovom stanju je imala  $1048,18 \text{ kg/m}^3$ , a u prosušenom stanju  $773,36 \text{ kg/m}^3$ , dok bukova oblica od 200 cm u sirovom stanju je imala  $1079,67 \text{ kg/m}^3$ , a u prosušenom stanju  $889,14 \text{ kg/m}^3$ . naravno kod ostalih uzoraka gubljenje na gustoći je različito, kod hrasta se pokazalo najsporiji pad dok je kod bijele topole najbrži pad gustoće.

## 4. Objekt i metode istraživanja

### 4.1. Osnovne karakteristike drva obične bukve

Obična bukva ili europska bukva je naša najrasprostranjenija autohtona bjelogorična vrsta drva. Latinski naziv za običnu bukvu je *Fagus sylvatica* L. a dolazi iz porodice Fagaceae. Neki strani nazivi su još i Beech (Velika Britanija i SAD), Faggio (Italija), Gemeine Buche, Buche (Njemačka), Hetre (Francuska). Može se pojaviti na nadmorskoj visini od 100 m do 2000 m, te je time najrasprostranjenija vrsta u Europi (slika 17.), njena rasprostranjenost je najveća u središnjoj i južnoj Europi i nešto malo manje u zapadnom dijelu. U Hrvatskoj zauzima (56 %) površine pod šumama, a pojavljuje se osim kao čista bukova šuma, bukova šuma sa hrastom kitnjakom i bukova šuma sa običnom jelom. Pojavljuje se još i u sastoini sa pitomim kestenom i običnim grabom. Mogli bi reći da je stanište obične bukve neograničeno, ali ne pojavljuje se jedino u nizinama i na planinama koje su više od 2000 m, najčešće se pojavljuje na brežuljkastim i brdovitim tlima, i na sjevernim padinama planina, voli dosta oborina i umjerenu klimu.



**Slika 17.** Rasprostranjenost bukve u Europi

**Izvor:** <http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica>

Obična bukva može narasti i do 40 m, srednji promjer debla je između 0,9 do 1 m. Ravno i čisto deblo bez grana se kreće od 15 m do 20 m. Krošnja je u početku stožasta dok kasnije poprima metlasti oblik (slika 18.). Grane su jake i čvrste sa velikim promjerom, te rastu pod kutom nešto malo većim od 45°. Kora je u početku tamno maslinasto zelena do sivo smeđe boje, te glatka i sjajna, a kasnije srebrnasto sive boje sedefastog sjaja.



**Slika 18.** Sastoina obične bukve sa njenim plodovima i lišćem

**Izvor:** <https://www.pinterest.com>

Drvo bukve je bjelkasto do blijedo smeđe boje, drvo pod utjecajem zraka sa vremenom tamni te dobiva crvenkasto smeđu boju. Skoro sva stabla imaju obojenu srž, odnosno dolazi do pojave obojenja središnjeg dijela stabla koje je puno tamnije od bjeljike. Obojenu srž nazivaju još i crveno srce, kern ili nepravna sž.

Obična bukva je difuzno porozna vrsta drva. Izgrađena je od drvnih vlakana, traheja te aksijalnog i radijalnog parenhima. Traheje su cjevaste te su pojedinačno smještene unutar godova u malim skupinama i kratkim radijalnim nizovima. Oko 18 % bukovine čine stanični trakovi. Drvni traci mogu biti homocelularni, jednorodni i višeredni te ih izrađuje radijalni parenhim. Višeredni drvni traci su dobro vidljivi golim okom u svim smjerovima, dužina im je oko 1,5 m, a širina 0,125 mm. Udio traheja u drvo je u konstantnom rastu, dok se drvna vlakanca i drvni traci smanjuju od srčike prema kori. Aksijalni parenhim u drvu je zanemariv jer je malobrojan.

Godovi su vidljivi na poprečnom presjeku (slika 19.), širina godova može biti od 0,05 do 11,8 mm, prosječna širina goda se kreće oko 1,03 mm, godovi su fine teksture. Sam širina godova ovisi o staništu na kojem se drvo nalazi, tako da drvo na manjoj nadmorskoj visini ima puno veće godove od drva na velikoj nadmorskoj visini. Sadržaj vode u drvu se kreće od 70 do 140% a neka srednja vrijednost u živom

stablu je oko 110 %. Sadržaj vode unutar drva nije isti promatrajući u radijalnom smjeru ono se povećava od srčike prema kori. Kako se širina godova mijenja sa povećanjem ili smanjenjem nadmorske visine, tako se mijenjaju i fizikalna i mehanička svojstva drva, te se u tablici 2 mogu vidjeti neki podaci dobiveni dosadašnjim istraživanjem.



Slika 19. Detalj poprečnog presjeka i piljenica obične bukve

Tablica 2. Vrijednosti nekih fizikalnih i mehaničkih svojstava obične bukve

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

Obična bukva je dobra za obradu, moguće ju je obrađivati i strojno i ručno. Najčešća vrsta u tvornicama za drvene proizvode, jer se može bez prevelikih problema i ljuštiti za furnirske listove, piliti u elemente ili tokariti. Dobro se može obojiti sa bilo kojom bojom da ostaje postojana tako da drvo obične bukve možemo obojiti u bilo koju drugu vrstu drva, osim dobrog obojenja ima i dobra svojstva ljepljenja. Prilikom sušenja i parenja bukovine imamo i pozitivne i negativne strane. Sušenje bukovine je prilično brzo ali kod bukovine mogu nastati velike greške prilikom sušenja kao što je raspucavanje i vitoperenje, a te greške nastaju zbog velikog utezanja. Ima jako dobra svojstva prilikom parenja, drvo se nakon parenja može lako saviti pa i elementi nepravilne građe. Jedina velika mana obične bukve je njena velika dimenzijska nestabilnost, te spada u skupinu drva sa malom prirodnom tajnošću.

Radi male trajnosti drvo se mora adekvatno zaštititi, zaštita se uglavnom provodi raznim impregnacijama (premazivanjem pomoću kista, tlačnim postupkom ili potapanjem u zaštitna sredstva), ovisno o primjeni. Obična bukva je jako neotporna na napade insekata i gljiva uzročnika truleži, te je zbog toga obavezno provesti zaštitu.

Primjena bukovog drva u drvnoj industriji je široka, najviše se koristi za izradu namještaja, za izradu ljuštenog furnira, parketarstva, ploča od usitnjenog drva itd. Također se može uz adekvatnu zaštitu koristiti i u vanjskim uvjetima kao vanjske konstrukcije, željezničke pragove, brodogradnji itd.

## **4.2. Izrada uzoraka ogrjevnog drva za mjerenje**

Drvena sirovina u obliku višemetrice je dopremljena sa kamionima u tvrtku u kojoj se provodilo istraživanje. Višemetrica se istovarila na stovarište gdje je i uskladištena (slika 20.). Postupak izrade ogrjevnog drva započeta je prikrajanjem višemetrice motornom pilom na dužinu od 1 m (slika 21.).



**Slika 20.** Stovarište višemetrice

Nakon što je višemetrica ispiljena na dužinu od jedan metar, uslijedilo je cijepanje drva, mehaniziranim hidrauličnim cjepačem (slika 21.), kojim se oblice cjepalo na četiri dijela.



**Slika 21.** Prikrajanje motornom pilom i cijepanje na hidrauličnom cjepaču

Nakon cijepanja, dobivene cjepanice složene u paletu dimezija 1 m x 1 m x 1,80 m (slika 22.), te su palete pomoću utovarivača transportirane na mjesto na kojem se vršilo mjerenje.



Slika 22. Paleta sa cjepanicama

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

Prilikom ovog istraživanja kao materijal za izradu ovog diplomskog rada korištene su cjepanice ogrjevnog drva. Istraživanje smo proveli na 13 komada cjepanica. Prilikom mjerenja označili smo svaku pojedinačno sa rednim brojevima te smo pristupili mjerenju. mjerili smo masu, dimenziju i vlagu u sirovom i prosušenom stanju. Prirodno sušenje cjepanica provedeno je na dobro provjetrenom mjestu stovarišta tvrtke (slika 23.). Sušenje je trajalo 206 dana u periodu od 20. 03. 2015 do 12. 10. 2015. U tom periodu smo imali 114 sunčanih dana, 64 oblačnih dana, 28 kišnih dana. Temperatura zraka se kretala od 11 do 36 °C, a relativna vlaga zraka od 28 do 93 %.



Slika 23. Složaj palete cjepanog ogrjevnog drva za mjerenje u vlažnom i prosušenom stanju

### 4.3.1. Masa ogrjevnog drva

Masa cijepane metrice je mjerena na digitalnoj vagi (slika 24.), te dobivenu masu u kilogramima smo zaokruživali na jednu decimalu. Prvo vaganje pojedinačnih metričkih cijepanica smo mjerili odmah nakon cjepanja u ožujku, a drugo vaganje u prosušenom stanju u listopadu.

Također smo izvršili vaganje cijele palete sa metričkim cijepanicama i ponavljali vaganje svaki tjedan u tih tri mjeseca kao bi pratili pad mase uslijed gubitka vlage.

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

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

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



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

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

$m_s$  – masa sirove (vlažne) cijepanice, kg

$m_p$  – masa prosušene cijepanice, kg



Slika 24. Mjerenje mase cijepanica na digitalnoj vagi

### 4.3.2. Volumen ogrjevnog drva

Volumen metričkih cijepanica smo određivali volumetrijskom metodom. Za izračunavanje volumena cijepanica smo koristili kadu dužine 1,205 m i širine 0,5 m (slika 25.).

Kod mjerenja volumena prvo smo izmjerili razinu vode u praznoj kadi bez cijepanica, nakon čega smo cijepanicu uronili u kadu i izmjerili razinu vode sa uronjenom cijepanicom.

Razlika između razine vode prije i nakon uranjanja predstavlja volumen uronjene cijepanice koja se izračunava prema izrazu 3.

$$V_c = [(a * b) * (h_{max} - h_{min})] \quad \dots\dots\dots 3$$

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

a – dužina kade, m

b – širina kade, m

$h_{\max}$  – visina izmjere vode prije uranjanja cjepanice u kadi, m

$h_{\min}$  – visina izmjere vode nakon uranjanja cjepanice u kadi, m



**Slika 25.** Mjerenje volumena cjepanica volumetrijskom metodom

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

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

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

aps<sub>v</sub>– apsolutni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

rel<sub>v</sub>– relativni postotni udio gubitka volumena cjepanice, %

$V_s$  – volumen sirove (vlažne) cjepanice, m<sup>3</sup>

$V_p$  – volumen prosušene cjepanice, m<sup>3</sup>

### 4.3.3. Vлага ogrjevnog drva

Postoje dva načina mjerenja vlage u drvu, prvi način je pomoću električnog otpora odnosno električnim vlagomjerom, a drugi način je gravimetrijskom metodom. Gravimetrijska metoda određivanja vlage u drvu je kompliciraniji i duži način, ali i precizniji nego električnim vlagomjerom. Mi smo se odlučili vlagu određivati gravimetrijskom metodom. Ta metoda se određuje pomoću laboratorijske vage i sušionika, iz cjepanice se izrezuju uzorci debljine 25 mm (slika 26.) te se odmah nakon izrezivanja važu i stavljaju u sušionicu na temperaturu od 102 do 103 °C, te se suše do sadržaja vode od 0 %, do konstantne mase, nakon čega se ponovno izvažu. Nakon što smo izvagali vlažne uzorke i apsolutno suhe, vlagu u cjepanicama izračunavamo prema izrazu 6.

$$U_c = \frac{m_p - m_k}{m_k} * 100 \quad \dots\dots\dots 6$$

$u_c$  – vlažnost cjepanice, %

$m_p$  – početna masa uzorka iz cjepanice, kg

$m_k$  – konačna masa uzorka iz cjepanice, kg



**Slika 26.** Uzorci iz cjepanica za potrebe mjerenja vlage gravimetrijskom metodom

### 4.3.4. Gustoća ogrjevnog drva

Gustoću cijepanica smo izračunali na način da smo podjelili omjer mase i volumen cijepanica, prema izrazu 7.

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

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

$m_c$  – masa cijepanice, kg

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

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

$$aps_\rho = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s} * 100 \quad \dots\dots\dots 8$$

$$rel_\rho = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_p} * 100 \quad \dots\dots\dots 9$$

$aps_\rho$  – apsolutni postotni udio promjene gustoće cijepanice, %

$rel_\rho$  – relativni postotni udio promjene gustoće cijepanice, %

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

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

## 4.4. Statistička obrada podataka

Podaci mjerenja na terenu su bilježeni na papir, te su se kasnije unosili u programe Microsoft Officea (Word i Excel). Rezultati istraživanja su prikazani pomoću deskriptivne statistike, grafički i tabelarno.

## 5. Rezultati istraživanja

### 5.1. Masa ogrjevnog drva

U tablici 3 je prikazana deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica metrica. Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 27.

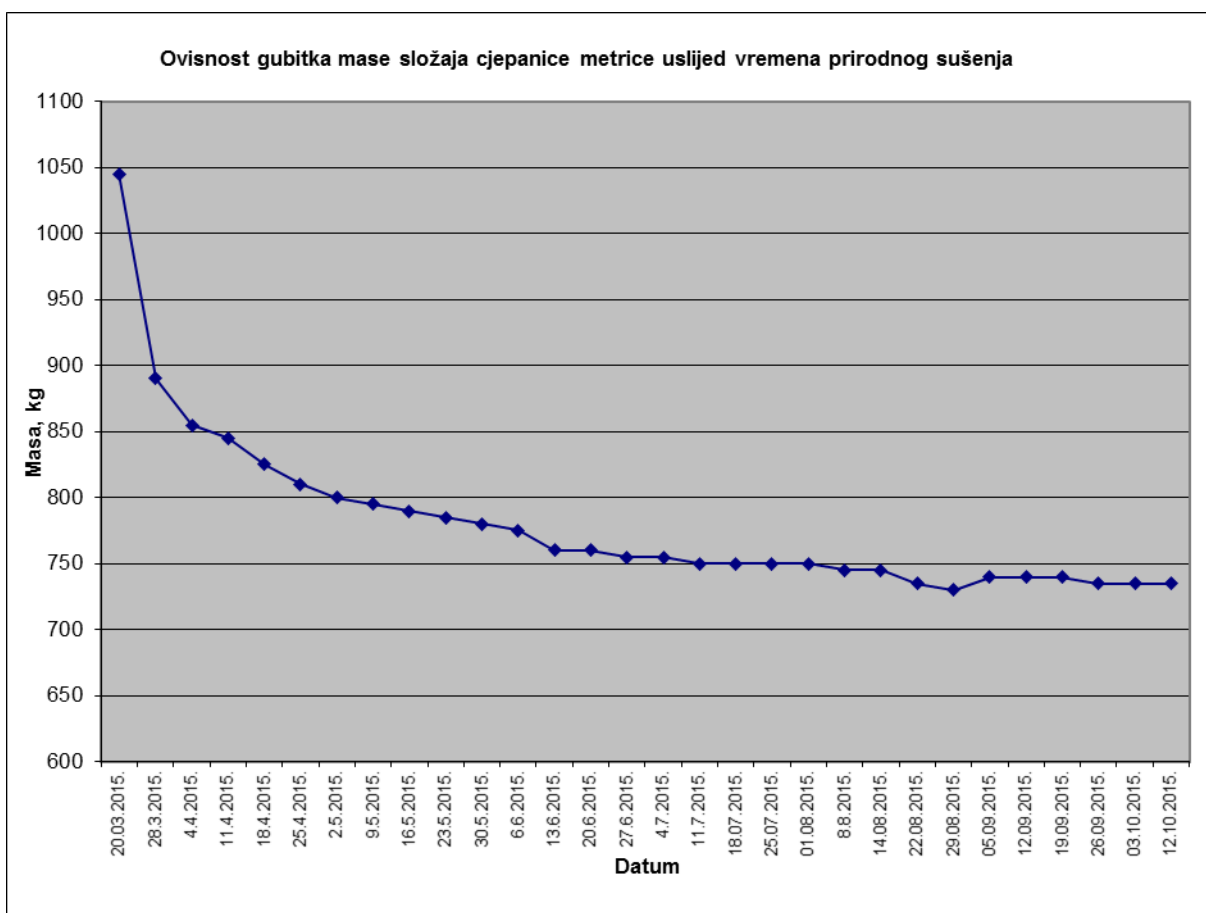
**Tablica 3.** Deskriptivna statistika podataka o masi cjepanica metrica

| Masa ogrjevnog drva cjepanice metrice |                 |    |       |        |       |                  |             |
|---------------------------------------|-----------------|----|-------|--------|-------|------------------|-------------|
| Oznaka                                | Mjerna jedinica | N  | Min.  | Median | Max.  | Aritmet. sredina | Stand. dev. |
| 1                                     | 2               | 3  | 4     | 5      | 6     | 7                | 8           |
| m' - početna                          | kg              | 13 | 8,5   | 14,3   | 22,8  | 14,723           | 4,735       |
| m - završna                           | kg              | 13 | 5,9   | 10,6   | 17    | 10,938           | 3,604       |
| m' - m                                | kg              | 13 | 1,9   | 3,4    | 5,8   | 3,785            | 1,217       |
| aps. (m' - m)/m'                      | %               | 13 | 19,89 | 26,19  | 32,95 | 25,89            | 3,03        |
| rel. (m' - m)/m                       | %               | 13 | 24,83 | 35,48  | 49,15 | 35,14            | 5,63        |



**Slika 27.** Grafički prikaz mase ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

Gubitak mase složaja cjepanica metrica s obzirom na razdoblje prirodnog sušenja prikazan je grafom na slici 28.



**Slika 28.** Grafički prikaz gubitka mase složaja cjepanice metrice uslijed prirodnog sušenja

## 5.2. Volumen ogrjevnog drva

U tablici 4 je prikazana deskriptivna statistika podataka o volumenu cjepanica metrica. Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 29.

Tablica 4. Deskriptivna statistika podataka o volumenu cjepanica metrica

| Volumen ogrjevnog drva cjepanice metrice (Volumetrijska metoda) |                 |    |         |         |         |                  |             |
|---|-----------------|----|---------|---------|---------|------------------|-------------|
| Oznaka  | Mjerna jedinica | N  | Min.    | Median  | Max.    | Aritmet. sredina | Stand. dev. |
| 1   | 2               | 3  | 4       | 5       | 6       | 7                | 8           |
| V' - početna  | m <sup>3</sup>  | 13 | 0,00964 | 0,01326 | 0,02109 | 0,01427          | 0,00413     |
| V - završna   | m <sup>3</sup>  | 13 | 0,00723 | 0,01145 | 0,01988 | 0,01256          | 0,00409     |
| V' - V  | m <sup>3</sup>  | 13 | 0,0006  | 0,00121 | 0,00362 | 0,00171          | 0,00092     |
| aps. (V' - V)/V'  | %               | 13 | 4,55    | 10      | 25      | 12,66            | 7,04        |
| rel. (V' - V)/V   | %               | 13 | 4,76    | 11,11   | 33,33   | 15,22            | 9,68        |



Slika 29. Grafički prikaz promjene volumena ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

## 5.3. Vlaga ogrjevnog drva

U tablici 5 je prikazana deskriptivna statistika podataka o vlazi cjepanica metrica. Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 30.

**Tablica 5.** Deskriptivna statistika podataka o promjeni sadržaja vlage cjepanica metrica

| Vlaga ogrjevnog drva cjepanice metrice |                 |    |       |        |       |                  |             |
|--|-----------------|----|-------|--------|-------|------------------|-------------|
| Oznaka                                 | Mjerna jedinica | N  | Min.  | Median | Max.  | Aritmet. sredina | Stand. dev. |
| 1                                      | 2               | 3  | 4     | 5      | 6     | 7                | 8           |
| u' - početna                           | %               | 10 | 56,16 | 64,08  | 82,32 | 66,02            | 7,95        |
| u - završna                            | %               | 3  | 20,50 | 20,90  | 21,90 | 21,07            | 0,72        |



**Slika 30.** Grafički prikaz promjene sadržaja vlage ogrjevnog drva prije i nakon sušenja



## 5.4. Gustoća ogrjevnog drva

U tablici 6 je prikazana deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoća cjepanica metrica. Podaci temeljeni na aritmetičkoj sredini su prikazani i grafički na slici 31.

**Tablica 6.** Deskriptivna statistika podataka o promjeni gustoće cjepanica metrica

| Gustoća ogrjevnog drva cjepanice metrice (Volumetrijska metoda) |                   |    |        |         |         |                  |             |
|---|-------------------|----|--------|---------|---------|------------------|-------------|
| Oznaka  | Mjerna jedinica   | N  | Min.   | Median  | Max.    | Aritmet. sredina | Stand. dev. |
| 1   | 2                 | 3  | 4      | 5       | 6       | 7                | 8           |
| $\rho'$ - početna   | kg/m <sup>3</sup> | 13 | 881,74 | 1037,34 | 1130,21 | 1022,68          | 71,37       |
| $\rho$ - završna  | kg/m <sup>3</sup> | 13 | 735,03 | 855,02  | 977,41  | 870,62           | 72,03       |
| $\rho' - \rho$  | kg/m <sup>3</sup> | 13 | 39,10  | 178,04  | 232,66  | 152,06           | 67,49       |
| aps. $(\rho' - \rho)/\rho'$                                     | %                 | 13 | 4,43   | 15,75   | 22,68   | 14,73            | 6,35        |
| rel. $(\rho' - \rho)/\rho$                                      | %                 | 13 | 4,64   | 18,70   | 29,33   | 14,87            | 8,70        |



**Slika 31.** Grafički prikaz promjene gustoće ogrjevnog drva prije i nakon sušenja

## 6. Rasprava

### 6.1. Masa ogrjevnog drva

Iz dobivenih rezultata ovog istraživanja možemo vidjeti da je došlo do pada mase tokom prirodnog sušenja cjepanica metrica.

Na slici 35, iz grafičkog prikaza možemo očitati sljedeće podatke. Ogrjevno drvo cjepanice metrice u sirovom stanju ima srednju vrijednost 14,723 kg, dok u prosušenom stanju 10,938 kg. Tako da se mase smanjila za 3,785 kg, od toga pad mase izraženo u postocima obzirom na sirovo stanje iznosi 25,71 %, dok obzirom na prosušeno stanje iznosi 34,60 %. Rezultati su bili očekivani obzirom da znamo da drvo prirodnim sušenjem gubi vodu, pa tako i masu.

Na slici 36. je prikazan gubitak mase složaja cjepanica metrica tokom prirodnog sušenja u razdoblju od. 20.3.2015. do 12.10. 2015. Masa cjepanica metrica izvagana u sirovom stanju je iznosila 1045 kg, a nakon završenog ciklusa sušenja iznosila je 735 kg. Iz dobivenih podataka možemo vidjeti da je razlika u masi za sveukupnu količinu 310 kg.

### 6.2. Volumen ogrjevnog drva

Dobiveni rezultati volumena cijepane metrice se mogu očitati iz tablici 4, Zaključujemo da je očekivan pad volumena tokom prirodnog sušenja. Srednja vrijednost volumena u sirovom stanju je iznosila 0,01427 m<sup>3</sup>, dok u prosušenom stanju iznosila je 0,01256 m<sup>3</sup>, tako da razlika srednje vrijednosti volumena iznosi 0,00171 m<sup>3</sup>. Volumen izražen u postotku obzirom na sirovo stanje iznosi 11,98 %, a u prosušenom 13,61 %.

Dobivenim rezultatima možemo zaključiti da smanjenjem vode, drvo se uteže, a samim time gubi i na svom volumenu.

### 6.3. Vlaga ogrjevnog drva

Dobivene rezultate vlage cijepane metrice se mogu očitati iz tablici 5. a srednja vrijednost u sirovom i prosušenom stanju je prikazana na slici 38. istraživanjem smo dobili da je srednja vrijednost vlage u drvu u sirovom stanju iznosila 66,02 %, a kretala se od 56,16 % pa sve do 82,32 %.

Dok je vlaga u prosušenom stanju iznosila 21,07 %, a kretala se od 20,50 % pa do 21,90 %. Tokom prirodnog sušenja (206 dana) cijepana metrica je izgubila u prosjeku oko 44,95 % vlage.

## 6.4. Gustoća ogrjevnog drva

Gustoća ovisi o dva parametra, a to su vlaga i masa. Kako smo do sada u rezultatima imali smanjenje vlage i mase tokom prirodnog sušenja, očekivano je da će se to odraziti i na smanjenje gustoće.

Srednja vrijednost gustoće određene volumetrijskom metodom cijepanica metrica u sirovom stanju iznosila je 1022,68 kg/m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom stanju iznosila 870,62 kg/m<sup>3</sup>. Smanjenje gustoće tokom prirodnog sušenja iskazano u postocima obzirom na sirovo stanje iznosi 14,86 %, a prosušenom stanju 17,47 %.

## 7. Zaključak

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

1. Masa cijepanica u prosušenom stanju je manja u odnosu na masu cijepanica u sirovom stanju. Prosječna vrijednost mase svih cijepanica u sirovom stanju iznosi 14,723 kg, a u prosušenom stanju 10,938 kg. Tako da se mase u prosjeku smanjila za 3,785 kg, Postotni pad mase obzirom na sirovo stanje iznosi 25,71 %, dok obzirom na prosušeno stanje iznosi 34,60 %
2. Volumen svih cijepanica je također manji u prosušenom stanju nego u sirovom stanju. U sirovom stanju prosječan volumen je iznosio 0,01427 m<sup>3</sup>, dok je u prosušenom 0,01256 m<sup>3</sup>. Volumen izražen u postotku obzirom na sirovo stanje iznosi 11,98 %, a u prosušenom 13,61 %.
3. Gustoća je također manja u prosušenom stanju nego u sirovom stanju. Srednja vrijednost cijepanica je u sirovom stanju iznosila 1022,68 kg/m<sup>3</sup>, a za prosušeno stanje iznosi 870,62 kg/m<sup>3</sup>. Postotni pad gustoće obzirom na sirovo stanje iznosi 14,86%, a obzirom na prosušeno stanje 17,47%. Smanjenjem mase drva i volumena dovelo je do smanjenja i gustoće drva.
4. Tokom prirodnog sušenja došlo je i do pada vlage u drvu, prosječni sadržaj vlage kod cijepanica u sirovom stanju je iznosio 66,020 %, dok je u prosušenom stanju vlaga pala na 21,070 %.

# Literatura

1. Horvat, I., Krpan, J. 1967: Drvno industrijski priručnik. Zagreb: Tehnička knjiga.
2. Krpan, A. P. B., Zečić Ž., Poršinsky, T., Šušnjar, M. 1998: Osnove sječe i izradbe s normama za oblo drvo. Interna skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
3. Pervan, S. 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva; Sand Zagreb
4. Poršinsky, T.: Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva  
[http://www.hkisdt.hr/podaci/2014/su/mjerenje\\_drva\\_transport.pdf](http://www.hkisdt.hr/podaci/2014/su/mjerenje_drva_transport.pdf)
5. Prka, M. 2012: Primjena HRN EN sustava normi za oblo drvo u šumarskoj operativi i drvnoj industriji RH. <http://www.docfoc.com/primjena-hrn-ensustava-normi-za-oblo-drvo-u-sumarskoj-operativi-i-drvnoj>
6. Prka, M. 2009: Problematika određivanja sortimentne strukture jednodobnih gospodarskih bukovih sastojina.  
<http://www.hkisdt.hr/podaci/dokumenti/ProblematikaOdredivanjaSortimentneStruktureBukve.pdf>
7. Vusić, D., Zečić, Ž., Smetko, M. 2015: Učinkovitost mehanizirane izrade kratko rezanoga i cijepanoga ogrjevnog drva. Nova mehanizacija šumarstva, Volume 36: 53 – 62.
8. Zečić Ž.: Europski standardi za drvene sortimente. Interna skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
9. Zelić, J., Međugorac, K. 2001: Ovisnost gustoće prostornog drva nekih autohtonih vrsta drveća o razdoblju prirodnog sušenja. Šumarski list, CXXV, 5-6: 263-272.
10. Potencijali i oblici šumske biomase za energiju prema normativnom sustavu za čvrsta biogoriva, [http://www.hdki.hr/news/35218/Sazetak\\_Zecic.pdf](http://www.hdki.hr/news/35218/Sazetak_Zecic.pdf)
11. „Hrvatske šume“ d.o.o.:  
<http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/ume/opcenito/sumeuhrv>
12. Karakteristike drva obične bukve na adresi.:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fagus\\_sylvatica](https://en.wikipedia.org/wiki/Fagus_sylvatica)
13. \*\*\*\*\*2016: <https://www.google.hr/search?q=podjela+šuma+prema+vlasništvu>
14. \*\*\*\*\*2016: [http://www.hkisdt.hr/podaci/2015/ostalo/Sumski\\_proizvodi\\_skripta.pdf](http://www.hkisdt.hr/podaci/2015/ostalo/Sumski_proizvodi_skripta.pdf)
15. \*\*\*\*\*2016: <https://www.google.hr/search?q=tehnička+oblica>

16. \*\*\*\*\*2016: <http://www.unikomerc-uvoz.hr/proizvod/Bavorska>
17. \*\*\*\*\*2016: <http://alatimilic.hr/shop/Pila-motorna>
18. \*\*\*\*\*2016: <http://www.bauhaus.hr/strojevi-i-pribor/strojevi/cjepaci-drva>
19. \*\*\*\*\*2016: <http://www.hakmet.com/index.html>
20. \*\*\*\*\*2016: <http://lineta.rs>
21. \*\*\*\*\*2016: <http://www.drvo-epet.com>
22. \*\*\*\*\*2016: <http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica>
23. \*\*\*\*\*2016: <https://www.pinterest.com>

# Životopis

## OSOBNJE INFORMACIJE

Ivan Jergović

📍 Utiskani 43, 43231 Ivanska, Bjelovar, (Hrvatska)

☎ +38599 755 5593

✉ [ivan.jergovic07@gmail.com](mailto:ivan.jergovic07@gmail.com)

Spol Muško | Datum rođenja 21/07/1990 | Državljanstvo hrvatsko

## RADNO ISKUSTVO

- 01/03/2016–31/07/2016 **Tehnolog drvne industrije**  
Rad u pogonu: u primarnoj i sekundarnoj pilani te u pogonu za proizvodnju stolova i stolica, rad u tehničkoj pripremi: normiranje proizvoda, sastavljanje uputa za sklapanje proizvoda, crtanje proizvoda u AutoCadu  
  
Djelatnost ili sektor Prima MOBILIS d.o.o. Garešnički Brestovac, Drvno prerađivačka industrija
- 01/10/2015–31/01/2016 **Pomoćni radnik**  
Utovar i razvrstavanje dostavnih paketa  
  
Djelatnost ili sektor General Logistics Systems Croatia d.o.o., Varaždinska ul.116, 10360 Popovec
- Studentski poslovi:**  
Od ostalih studentskih poslova radio sam još i kao radnik u McDonaldsu, Art Interijeri na postavljanju namještaja, te rad u kafiću

## OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

- 01/10/2016 **Apsolvent na diplomskom studiju drvne tehnologije (drvnotehnološki procesi)**  
Šumarski fakultet  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb (Hrvatska)  
<http://www.sumfak.hr>
- 01/10/2009–31/09/2014 **univ. bacc. ing. drvne tehnologije**  
Šumarski fakultet  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb (Hrvatska)  
<http://www.sumfak.hr>
- 01/09/2005–01/06/2009 **SREDNJA STRUČNA SPREMA**  
Šumarska i drvodjelska škola Karlovac, (Karlovac)  
Šumarski tehničar

## OSOBNJE VJEŠTINE

Materinski jezik hrvatski

| Ostali jezici | RAZUMIJEVANJE |         | GOVOR               |                    | PISANJE |
|---------------|---------------|---------|---------------------|--------------------|---------|
|               | Slušanje      | Čitanje | Govorna interakcija | Govorna produkcija |         |
| engleski      | B2            | B2      | B2                  | B2                 | B2      |

Stupnjevi: A1/A2: Početnik - B1/B2: Samostalni korisnik - C1/C2 Iskusni korisnik  
Zajednički europski referentni okvir za jezike

Komunikacijske vještine Komunikativnost, rad u timu, otvorenost prema novim osobama i situacijama, spremnost na učenje i lako prilagođavanje novim situacijama

Organizacijske / rukovoditeljske vještine Odgovornost, snalažljivost u iznendanim i zahtjevnim situacijama, spremnost na rad. Tokom rada u Primi imao sam priliku pratiti smjenski rad u firmi i nadzirati zaposlenike.

Računalne vještine Svakodnevno korištenje Office paketa: word, excel, PP, internet komunikacija, društvene mreže poznavanje rada u AutoCadu

## DODATNE INFORMACIJE

Vozačka dozvola B kategorija



# Zabilješke