

Utjecaj kvalitete hrastovih trupaca na pojavu grešaka drva pri umjetnom sušenju lamela za izradu gotovog parketa

Horvat, Giuliano

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:373022>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK
DIPLOMSKI STUDIJ
DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

GIULIANO HORVAT

**UTJECAJ KVALITETE HRASTOVIH TRUPACA NA POJAVU
GREŠAKA DRVA PRI UMJETNOM SUŠENJU LAMELA ZA
IZRADU GOTOVOG PARKETA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

**UTJECAJ KVALITETE HRASTOVIH TRUPACA NA POJAVU
GREŠAKA DRVA PRI UMJETNOM SUŠENJU LAMELA ZA
IZRADU GOTOVOG PARKETA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij:	Drvnotehnološki procesi
Predmet:	Pilanska tehnologija drva 2
Ispitno povjerenstvo:	1. (mentor) Izv. prof. dr. sc. Josip Ištvančić 2. (član) Doc. dr. sc. Miljenko Klarić 3. (član) Izv. prof. dr. sc. Alan Antonović
Student:	Giuliano Horvat
JMBAG:	0068229408
Datum odobrenja teme:	28. ožujka 2022.
Datum predaje rada:	20. rujna 2022.
Datum obrane rada:	23. rujna 2022.


Zagreb, rujna, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov:	Utjecaj kvalitete hrastovih trupaca na pojavu grešaka drva pri umjetnom sušenju lamela za izradu gotovog parketa
Autor:	Giuliano Horvat
Adresa autora:	Trnovitički Popovac 117
Mjesto izradbe:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Diplomski rad
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Josip Ištvančić
Izradu rada pomogao:	Izv. prof. dr. sc. Josip Ištvančić
Godina objave:	2022.
Opseg:	69 str., 39 slika, 49 tablica i 11 navoda literature
Ključne riječi:	Hrast, lamele gotovog parketa, greške sušenja, umjetno sušenje drva, kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje.
Sažetak:	<p>Cilj ovog istraživanja je utvrditi povezanost kvalitete trupca i uspješnost njegove obrade u lamele za izradu gotovog parketa kao krajnjeg proizvoda. Također je cilj utvrditi koje se greške sušenja najčešće pojavljuju na lamelama. U svrhu istraživačkog dijela ovog diplomskog rada raspiljeno je 52,20 m³ trupaca I. pilanske klase, 60,51 m³, II. pilanske klase te 55,15 m³ III. pilanske klase.</p> <p>Zaključeno je da je iskorištenje pilanske sirovine pri izradi lamela najveće kod trupaca I. pilanske klase, kod trupaca II. i III. pilanske klase iskorištenje je manje za oko 30 % u odnosu na I. pilansku klasu kod dimenzija lamela 1185x160x3,1. Za dimenziju 2215x205x3,8 ABCD iskorištenja su podjednaka kod I. i II. pilanske klase, a iz III. pilanske klase nije se dobila niti jedna lamela ovih dimenzija. Kod dimenzija lamela 2215x205x3,8 RUSTIK, iskorištenje trupaca I. pilanske klase dvostruko je veće nego kod trupaca II. pilanske klase. Kao i kod klase ABCD, niti jedna lamela nije izrađena iz III. pilanske klase trupaca.</p> <p>Greške koje su nastale prilikom sušenja bile su čeonke pukotine, površinske pukotine te diskoloracije. Primjećuje se da je pojava čeonih pukotina ugrubo podjednaka kod svih klasa, najviše ih je bilo kod dimenzija 2215x205x3,8 RUSTIK, dok ih je najmanje bilo kod dimenzija 1185x160x3,1. Kod površinskih pukotina pojavnost iznosi 2,7 % kod kraćih lamela, dok je kod većih lamela klase RUSTIK udio površinskih pukotina znatno veći te je iznosila 17,5 %.</p>

BASIC DOCUMENTATION CARD

Title:	The influence of the quality of oak logs on the appearance of wood defects during kiln drying of lamellas for the production of finished parquet
Author:	Giuliano Horvat
Adress of Author:	Trnovitički Popovac 117
Thesis performed at:	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type:	Master's thesis
Supervisor:	Izv. prof. dr. sc. Josip Ištvančić
Preparation Assistant:	Izv. prof. dr. sc. Josip Ištvančić
Publication year:	2022.
Volume:	69 pages, 49 tables, 39 figures and 11 references
Key words:	Oak, lamellas of finished parquet, wood drying defects, quantity, quality and value yield, kiln dry.
Abstract:	<p>The goal of this research is to determine the connection between the quality of the log and the success of its processing into lamellas for the production of finished parquet as the final product. The goal is also to determine which wooddrying defects most often appear on the lamellas. For the purpose of the research, 52.20 m³ of I. sawmill class logs were sawed, 60.51 m³, II. sawmill class and 55.15 m³ III. sawmill class.</p> <p>It was concluded that the use of sawn raw material in the production of lamellas is the highest in logs of the I. sawn class, in logs of the II. class. and III. sawmill class utilization is less by about 30% compared to the I. sawmill class with lamella dimensions 1185x160x3.1. For the dimension 2215x205x3.8 ABCD, the uses are equal in I. and II. sawmill class, and from III. not a single lamella of these dimensions was obtained from the sawmill class. With the dimensions of the lamellas 2215x205x3.8 RUSTIK, the utilization of I. sawmill class logs is twice as high as with II. logs. sawmill class. As with class ABCD, not a single lamella is made from III. sawmill grade logs.</p> <p>Defects that occurred during drying were frontal cracks, surface cracks and discoloration. It is noticed that the occurrence of frontal cracks is roughly the same in all classes, the most of them were in the dimensions 2215x205x3.8 RUSTIK, while the least were in the dimensions 1185x160x3.1. The incidence of surface cracks is 2.7% for shorter lamellas, while the proportion of surface cracks is significantly higher for larger lamellas of the RUSTIK class and amounts to 17.5%.</p>

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 2.2.2021.

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.“

Zagreb, 6. rujna 2022. godine

vlastoručni potpis

Giuliano Horvat

SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	I
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	II
SADRŽAJ.....	IV
POPIS SLIKA.....	V
POPIS TABLICA.....	VII
ZAHVALA.....	X
1. UVOD.....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	3
3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA.....	4
3.1 OSNOVNE KARAKTERISTIKE HRASTOVOG DRVA.....	4
3.1.1 GUSTOĆA DRVA.....	4
3.1.2 SADRŽAJ VODE U DRVU.....	5
3.1.3 HIGROSKOPNOST I DIMENZIJSKE PROMJENE DRVA.....	6
3.1.4 MODUL ELASTIČNOSTI HRASTOVINE.....	7
3.1.5 ČVRSTOĆA I TVRDOĆA HRASTOVINE.....	8
3.2 OSNOVA VIDNA RAZREDBE HRASTOVIH DRVENIH PODOVA.....	11
3.3 SUŠENJE DRVA.....	15
3.3.1 SVRHA SUŠENJA.....	15
3.3.2 PRIRODNO SUŠENJE DRVA.....	16
3.3.3 UMJETNO SUŠENJE DRVA.....	18
3.3.4 GREŠKE SUŠENJA.....	25
3.3.5 USPJEŠNOST I KVALITETA SUŠENJA.....	31
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	32
4.1 PILANSKA SIROVINA.....	32
4.2 TEHNOLOGIJA IZRADE LAMELA.....	36
4.3 SUŠENJA LAMELA.....	41
4.4 RAZVRSTAVANJE LAMELA.....	43
4.5 USPJEŠNOST PILJENJA I GREŠKE SUŠENJA.....	46
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM.....	47
5.1 PODACI O TRUPCIMA.....	47
5.2 PODACI O PILJENICAMA I ELEMENTIMA TE USPJEŠNOST PILJENJA...48	48
5.3 PODACI O LAMELAMA I USPJEŠNOST IZRADE.....	60
5.4 REŽIM I TIJEK SUŠENJA.....	66
5.5 POJAVNOST GREŠAKA SUŠENJA.....	68
6. ZAKLJUČCI.....	69
LITERATURA.....	70

POPIS SLIKA

Slika 1. Drvna zaliha po količini najvažnijih vrsta drva za pilansku obradu u Republici Hrvatskoj.....	1
Slika 2. Keylwerthov dijagram.....	6
Slika 3. Presjek klasične (evaporacijske) komorne sušionice.....	19
Slika 4. Presjek kondenzacijske sušionice.....	20
Slika 5. Ovisnost vrelišta vode o tlaku zraka.....	21
Slika 6. Vakuumska sušionica za drvo.....	21
Slika 7. Punjenje komore viličarom.....	22
Slika 8. Prikaz pravilnog i nepravilnog načina punjena sušionica (tlocrt).....	22
Slika 9. Prikaz pravilnog i nepravilnog načina punjenja komore (presjek).....	23
Slika 10. Nepravilan način slaganja horizontalnog razmaka špangli.....	23
Slika 11. Kvalitativni prikaz tijeka sušenja za higroskopne materijale s visokim sadržajem (iznad 80%) početne vlage.....	24
Slika 12. Promjena boje na hrastovim lamelama.....	26
Slika 13. Prikaz uzoraka vilica za utvrđivanje skorjelosti.....	27
Slika 14. Površinske pukotine na hrastovini.....	28
Slika 15. Čeone pukotine na hrastovim elementima.....	28
Slika 16. Prikaz kolapsa (spljoštenosti stanične stijenke) drva.....	29
Slika 17. Vitoperenje hrastovih lamela uslijed nepravilnog slaganja složaja.....	30
Slika 18. Vitoperenje suhих hrastovih lamela.....	30
Slika 19. a) Prikaz dijela stovarišta; b) Prskalice za navlaživanje sirovine.....	36
Slika 20. Utovarivač sa specijalnim hvatalom za trupce.....	37
Slika 21. Portalni granici.....	38
Slika 22. Guljač kore.....	38
Slika 23. Aluminijske letvice („špangle“) u složaju lamela.....	39
Slika 24. Stroj za čeono glodanje „Rotoles“.....	40
Slika 25. Dvostrani profiler za krojenje na konačnu širinu lamele.....	40
Slika 26. Dvostrana kružna pila za krojenje lamela po duljini.....	41
Slika 27. Klasične komorne sušionice.....	42
Slika 28. Automatika sušionice.....	43
Slika 29. Prikaz udjela piljenica izrađenih iz trupaca I., II i III. pilanske klase.....	48
Slika 30. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi doradnih i podnih piljenica.....	52
Slika 31. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi elemenata iz doradnih piljenica.....	56
Slika 32. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi elemenata izpodnih piljenica.....	59
Slika 33. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja elemenata pri izradi lamela.....	61
Slika 34. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pri izradi lamela u klasi dimenzija 1185x160x3,1 iz lamela.....	63
Slika 35. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi lamela u klasi ABCD dimenzija 2215x205x3,9.....	64
Slika 36. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi lamela u klasi RUSTIK dimenzija 2215x205x3,9.....	65
Slika 37. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 1185x160x4,1.....	66
Slika 38. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 2215x205x5,2 ABCD.....	67
Slika 39. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 2215x205x6,3 RUSTIK.....	67

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba gustoća komercijalnih vrsta drva u RH.....	5
Tablica 2. Modul elastičnosti kod pojedinih vrsta drva.....	7
Tablica 3. Čvrstoća na vlak pojedinih vrsta drva.....	8
Tablica 4. Čvrstoća na tlak pojedinih vrsta drva.....	9
Tablica 5. Tvrdoća pojedinih vrsta drva.....	10
Tablica 6. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnog parketa drva hrasta prema HRN EN 13226 (2011).....	11
Tablica 7. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih parketnih daščica drva hrasta prema HRN. D. D.5. 020.....	12
Tablica 8. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede lam parketnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13227 (2002).....	12
Tablica 9. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih pokrovnih podnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13228 (2002).....	13
Tablica 10. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede višeslojnih parketnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13489 (2002).....	13
Tablica 11. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih predgotovljenih dasaka drva hrasta prema HRN EN 13629 (2002).....	14
Tablica 12. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede lamel parketa drva hrasta prema HRN EN 13488 (2002).....	14
Tablica 13. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede ploča lamel parketa drva hrasta prema HRN. D. D5. 021.....	15
Tablica 14. Svojstva prirodnog sušenja za neke domaće vrste drva.....	17
Tablica 15. Razvrstavanje oblog drva listača prema srednjem promjeru (HRN EN 1315-1).....	33
Tablica 16. Pravila razvrstavanja hrastova drva (HRN EN 1316-1:2012).....	33
Tablica 17. Prikaz načina razvrstavanja pilanskih trupaca po kvaliteti i promjeru (HRN D. B0. 022).....	34
Tablica 18. Prikaz broja paketa lamela u punoj šušionici.....	42
Tablica 19. Opis klasa za dimenziju lamela 1185x160x3,1.....	44
Tablica 20. Opis klasa za dimenziju lamela 2215x205x3,8.....	45
Tablica 21. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase.....	47
Tablica 22. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase.....	47
Tablica 23. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase.....	47
Tablica 24. Prikaz udjela piljenica izrađenih iz trupaca I., II i III. pilanske klase.....	48
Tablica 25. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca I. pilanske klase.....	49
Tablica 26. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca II. pilanske klase.....	50
Tablica 27. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca III. pilanske klase.....	51
Tablica 28. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi piljenica.....	52
Tablica 29. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca I. pilanske klase.....	53
Tablica 30. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca II. pilanske klase.....	54
Tablica 31. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca III. pilanske klase.....	55
Tablica 32. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi elemenata iz doradnih piljenica.....	56
Tablica 33. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice od trupaca I. pilanske klase.....	57
Tablica 34. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice od trupaca II. pilanske klase.....	58
Tablica 35. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice od trupaca III. pilanske klase.....	58
Tablica 36. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi elemenata iz podnih piljenica.....	59
Tablica 37. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za I. pilansku klasu trupaca.....	60
Tablica 38. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za II. pilansku klasu trupaca.....	60
Tablica 39. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za III. pilansku klasu trupaca.....	60
Tablica 40. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi lamela iz elemenata.....	61

Tablica 41. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 1185x160x3,1 mm.....	62
Tablica 42. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 2215x205x3,9 mm ABCD.....	62
Tablica 43. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 2215x205x3,9 mm RUSTIK.....	62
Tablica 44. Iskorištenje lamela u odnosu na klasu trupca iz kojih su izrađene.....	63
Tablica 45. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi lamela u klasi iz lamela.....	63
Tablica 46. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I. i II. pilanske klase pri izradi lamela u klasi ABCD dimenzija 2215x205x3,9.....	64
Tablica 47. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I. i II. pilanske klase pri izradi lamela u klasi RUSTIK dimenzija 2215x205x3,9.....	65
Tablica 48. Ukupno iskorištenje trupaca svih klasa tokom perioda praćenja proizvodnje.....	66
Tablica 49. Struktura grešaka lamela prema dimenzijama.....	68

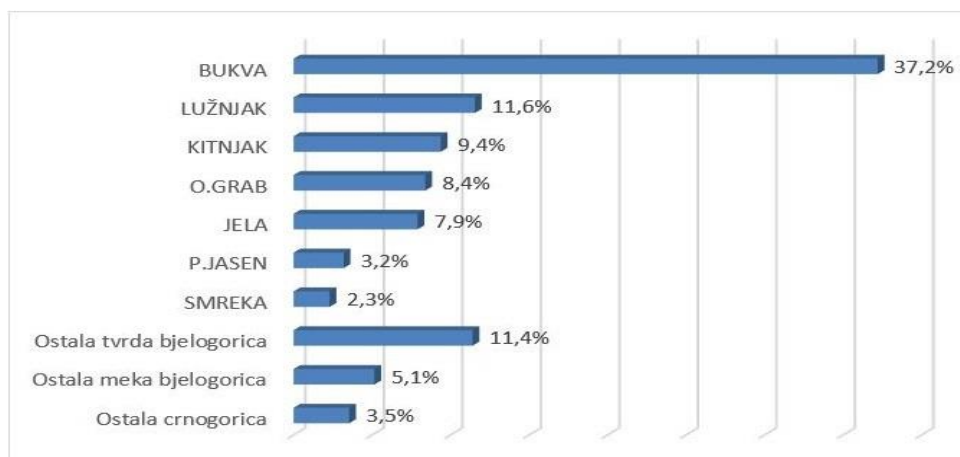
ZAHVALA

Zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Josipu Ištvaniću na podršci, koristim savjetima te pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada. Također se zahvaljujem svim kolegama i prijateljima koji su mi bili podrška tokom godina studiranja.

Posebno zahvaljujem svojim roditeljima, bratu, djevojci te kolegama iz tvrtke Bjelin d.o.o. koji su mi nesebično pomagali u istraživanju za ovaj diplomski rad.

1. UVOD

U Hrvatskoj su šume najvrjedniji obnovljivi prirodni resurs. One zauzimaju dva milijuna hektara ili 35% Hrvatske. Kao što je vidljivo na slici 1. oko jedne desetine šuma otpada na hrast lužnjak (*Quercus robur*L.) To je naša najvrjednija vrsta drveća, koja raste diljem Hrvatske, a optimum joj je u istočnom dijelu naše zemlje u Slavoniji i Srijemu.



Slika 1. Drvna zaliha po količini najvažnijih vrsta drva za pilansku obradu u Republici Hrvatskoj
Izvor: <http://www.hrsume.hr>

Baš na području šuma hrasta lužnjaka počinje prije 120 godina organizirano upravljanje šumama, koje će zatim slijediti sustavna znanstvena istraživanja. Među prvu uporabu starih šuma lužnjaka – osim pašarenja, žirenja i pepeljarenja – spada izgradnja nastambi domaćih žitelja, od kojih se posebno ističu drvene kuće autohtone arhitekture. Te su kuće bile vrlo udobne i lijepe. Tesana i cijepana hrastovina bila je najvredniji sortiment koji se prevozio rijekama i lošim putovima. Stoga je trgovina bila ograničena samo na trupace, no zato se u šumi – na licu mjesta – upotrebljavala hrastovina za tesane i cijepane sortimente. Slavonska hrastovina bila je prave žice, bez kvrga, jednakih i uskih godova, dakle izvrsna za dužicu. Još i danas je u sjećanju izrada francuskih dužica za bačve, svojedobno tako raširena u našim hrastovim šumama. Kvaliteta starih hrastika bila je povod velike sječe tih šuma, koje su počele negdje poslije 1800. godine i koje su kulminirale u razdoblju od 1880. do 1900. godine, kada su posječena 44 626 ha šume. Tijekom 100 godina (1820.-1920.) posječena su 117 115 ha starih hrastika, s time da je u vremenu od 1860. do 1900. posječeno oko 60% te površine. Velike sječe hrastovih šuma iskoristile su ponajviše inozemne tvrtke. Ali pritom je određene koristi od posječene hrastovine imala i naša zemlja. To poglavito vrijedi za šumarstvo i šumarsku znanost.

Za pilansku obradbu hrastovine (slavonske hrastovine), koja je bila izuzetno cijenjena zbog svojih mehaničkih i estetskih svojstava, značajni su Francuzi, koji su prvi uveli klasičan slavonski način piljenja hrastovine u Slavoniji već u drugoj polovici

19-tog stoljeća pojavom parnih pilana. Način i tehniku piljenja koju su donijeli Francuzi slijedili su i drugi pri osnivanju brojnih manjih i većih pilana. Čitav tehnološki proces bio je podređen dobivanju visokokvalitetnog proizvoda iz hrastovine. Stovarište trupaca moralo je biti odgovarajuće veličine, kako bi se omogućilo ekonomično sortiranje trupaca za piljenje. Velika se važnost pridavala sortiranju po promjerima, te posebnom sortiranju trupaca za piljenje u cijelo iparanje. Obrađivali su se uglavnom trupci promjera od 40 do 100 cm, a sortiranje je vršeno u razrede promjera od po 5 cm. Sa stovarišta, trupci su se odvozili na piljenje. Piljenje se nije vršilo samo na jedan način, tako da su razvijene različite tehnike piljenja, čija je primjena ovisila o vrsti piljene građe koja je trebala biti proizvedena. Za piljenje su pilane imale više jarmača za promjere trupaca od 55, 65, 75, 85 i 95 cm, a za trupce većih promjera upotrebljavala se horizontalna jarmača ili tračna pila trupčara, ili oboje. Upotrebljavale su se i pile za furnir, pile za prikraćivanje, okrajčivanje odnosno kružne i klatne pile. Od velike važnosti bio je raspored pila u jarmači, zbog velikih gubitaka u iskorištenju kod nepravilnog rasporeda pila, koji su mogli iznositi i do 20 %. Za dobro sušenje bilo je potrebno kvalitetno složiti građu, a samo sušenje trajalo je godinu dana (Gregić, 1987).

U Hrvatskim se pilanama hrastovina do polovice 20-og. stoljeća obrađivala ovakvim tradicionalnim načinom, tj. manje više na način kakav je bio uveden s početkom razvoja većih industrijskih parnih pilana. Imajući u vidu da su se tada raspiljivali trupci uglavnom visoke kakvoće i većih promjera, relativno jeftini i uz niske plaće radnika, ovakva proizvodnja je bila rentabilna. Nestankom hrastovih prašuma, razvojem industrije furnira koja traži što kvalitetnije trupce za obradu, kao i uslijed drugih okolnosti, danas na naše pilane dolazi na obradu hrastova sirovina sve manjih promjera i sve lošije kvalitete. To su većinom pilanski trupci I. II. i III. klase kvalitete koji često sadrže i dosta kvrga. Hrastovi se pilanski proizvodi kao vrlo vrijedna i skupocjena građa, danas upotrebljavaju uglavnom ondje gdje specifičnosti kvalitete hrastovine najviše dolaze do izražaja – u proizvodnji namještaja, raznih vrsta parketa, zidnih obloga, određenih vrsta građevne stolarije i sl. (Brežnjak 1977).

Kod proizvodnje podnih obloga (masivni parket ili višeslojni parket) hrastovina je najčešća vrsta drva koja se obrađuje. Zbog svojih estetskih svojstava, ali ponajviše zbog svojih mehaničkih svojstava, hrastovina je jedna od najboljih vrsta drva za proizvodnju podnih obloga. Kod proizvodnje višeslojnog parketa (dvoslojni ili troslojni) hrastovina se pili u lamele. Lamele su tanko piljeni furniri debljine 4 do 6,3 mm. Te debljine odnose se na „svježe“ piljene lamele, dakle prije sušenja i daljnje obrade kao što su brušenje ili čeono glodanje. Tako ispiljene lamele suše se u sušionicama i jako su podložne promijeni parametara sušionice (temperatura zraka, relativna vlaga zraka i brzina strujanja zraka). Kao što se otprije zna, hrastovina je jedna od europskih vrsta drva koja se „teže“ suši zbog svojih fizikalnih i mehaničkih svojstava. Primjerice, sušenjem po režimu neke vrste drva koja ima homogeniju strukturu i manju gustoću od hrastovine, kod hrastovih lamela došlo bi do značajnije pojave grešaka koje se događaju u procesu sušenja.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je utvrditi povezanost kvalitete trupca i uspješnost njegove obrade u lamele za izradu gotovog parketa kao krajnjeg proizvoda. Također je cilj utvrditi koje se greške sušenja najčešće pojavljuju na lamelama te koliko je utjecaj kvalitete trupca značajan na pojavu grešaka drva pri umjetnom sušenju lamela za izradu gotovog parketa.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

3.1 Osnovne karakteristike hrastovog drva

Osnovna fizikalna svojstva drva su gustoća, sadržaj vode, higroskopnost te utezanje i bubrenje.

Mehanička svojstva drva pojavljuju se kada na drvo djeluju neke vanjske mehaničke sile. Te sile nastoje promijeniti prirodni oblik i dimenzije drva. Promjene dimenzija i oblika nazivaju se deformacije. One mogu biti privremene ili elastične i trajne ili plastične. Elastične su ako na tijelo nakon prestanka djelovanja sila poprima svoj prirodni oblik i dimenzije, a plastične ako tijelo nakon prestanka djelovanja sila ostaje trajno promijenjena dimenzija i oblika. Otpor koji drvo pruža djelovanju mehaničkih sila naziva se unutrašnje naprezanje. Postoje tri vrste unutrašnjih naprezanja sila: 1. vlačno, 2. tlačno i 3. posmično naprezanje (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Najvažnija tehnička svojstva drva su: elastičnost, tvrdoća i čvrstoća. Navedena svojstva bit će opisana u daljnjem tekstu te će se usporediti svojstva hrastovine sa svojstvima ostalih komercijalnih vrsta drva Republike hrvatske.

3.1.1 Gustoća drva

Gustoća drva prikazuje nam odnos mase drva po jedinici volumena. Najčešće korištene mjerne jedinice za iskazivanje gustoće drva su kilogram po metru kubnom (kg/m^3) ili grama po centimetru kubnom (g/cm^3). Kada se govori o gustoći drva, potrebno je obratiti pozornost na to da je drvo porozan materijal, tako da postoji gustoća drva kao poroznog materijala i gustoća drvene tvari. Gustoća drvene tvari ne varira puno od vrste drva, a ona iznosi u prosjeku od 1,56 do 1,60 g/cm^3 . Gustoća drva kao poroznog materijala uvelike se razlikuje u ovisnosti o vrsti drva, ali također unutar iste vrste drva mogu postojati značajne razlike, ponajviše zbog podneblja i uvjeta u kojima je raslo drvo. Kada se govori o gustoći drva, najčešće se to misli pod gustoćom drva u apsolutno suhom stanju (sadržaj vode u drvu jednak je nuli).

Hrastovina u usporedbi s ostalim komercijalnim vrstama drva koja rastu na području Republike Hrvatske spada u vrste s većom gustoćom. Gustoća drva jedna je od fizikalnih svojstava koja najviše utječe na ostala mehanička svojstva i zbog toga hrastovina ima ponajbolja mehanička svojstva od ostalih vrsta, što ju čini idealnom za proizvodnju podnih obloga (tablica 1).

Tablica 1. Usporedba gustoća komercijalnih vrsta drva u RH

	Vrsta drva	Gustoća (g/cm ³)		
		minimalna	srednja	maksimalna
LISTAČE	Bagremovina	0,54	0,73	0,87
	Brijestovina	0,44	0,65	0,82
	Brezovina	0,46	0,61	0,80
	Bukovina	0,49	0,69	0,88
	Grabovina	0,50	0,79	0,82
	Hrastovina (lužnjak)	0,39	0,62	0,79
	Hrastovina (kitnjak)	0,46	0,66	0,84
	Jasenovina	0,41	0,65	0,82
	Javorovina	0,48	0,50	0,75
	Johovina	0,45	0,51	0,60
	Kestenovina	0,46	0,51	0,55
	Lipovina	0,32	0,49	0,56
	Orahovina	-	0,64	-
	Topolovina	0,37	0,41	0,52
	ČETINJAČE	Ariševina	0,45	0,55
Duglazijevina		0,32	0,51	0,73
Borovina		0,30	0,49	0,86
Jelovina		0,32	0,41	0,71
Smrekovina		0,30	0,43	0,64

Izvor: Horvat I.; Krpan J.: *Drveno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 404 str.*

3.1.2 Sadržaj vode u drvu

Sadržaj vode u drvu vrlo je važno fizikalno svojstvo drva. Najčešće se iskazuje kao postotni odnos težine vode sadržane u drvu u jedinici težine apsolutno suhog drva. Voda u drvu dijeli se na slobodnu i vezanu vodu. Slobodna se voda nalazi u šuljinama (lumenima) stanica te se još naziva i kapilarna voda. Tokom procesa sušenja onda najbrže isparava. Vezana voda ili higroskopna voda nalazi se u staničnim stijenkama. Točka zasićenosti vlakancaca je stanje u drvu kada su lumeni stanica drva prazni, a stanične stijenke ispunjene vezanom vodom. Točka zasićenosti vlakanca jest sadržaj vode do kojeg prilikom sušenja drvo ne mijenja dimenzije niti oblik, sušenjem ispod točke zasićenosti drvo počinje mijenjati oblik i dimenzije. U drvu ne dolazi do navedenih promjena dok se gubi slobodna voda, a kad se krene gubiti vezana voda, tada se već došlo do granice ispod točke zasićenosti vlakancaca. Drvo koje se koristi u interijeru mora biti osušeno na sadržaj vode od 7-9%, a u eksterijeru 12-14%.

Sadržaj vode u drvu može se utvrditi na više načina: gravimetrijskom metodom (metoda sušenja), ekstrakcijskom metodom, metodom mjerenja napona pare (Lambrehtov, Dunlapov i Rotherov higrometar), metodom mjerenja promjena

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

električnih svojstava drva (električni higrometar na bazi otpora, električni higrometar na bazi kapaciteta), kalorimetrijskom metodom i slično (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Najtočniji sadržaj vode određuje se gravimetrijskom metodom. To je metoda kod koje se prvo izvažu vlažni ili sirovi uzorci, zatim se isti ti uzorci stavljaju u sušionik na $103 \pm 2^\circ\text{C}$ na 24 sata. U tom vremenu drvo izgubi svu vodu, te se postigne sadržaj vode u drvu 0%. Nakon toga uzorci u apsolutno suhom stanju važu se. Nakon što su se prikupili podaci o masama mokrih i suhih uzoraka, sadržaj vode izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$W = \frac{m_s - m_0}{m_0}$$

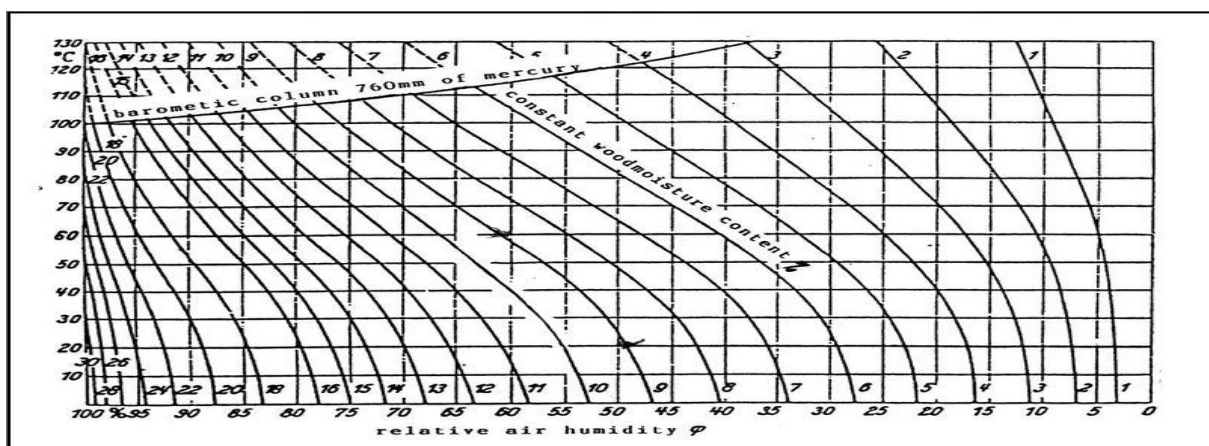
pri čemu je: W- sadržaj vode

m_s - masa sirovog uzorka

m_0 - masa suhog uzorka

3.1.3 Higroskopnost i dimenzijske promjene drva

Higroskopnost je svojstvo svih higroskopnih materijala, a to je da razni tekući ili kruti materijali primaju vodu iz zraka u obliku vodene pare na sebe ili je otpuštaju u skladu s mikroklimatskim uvjetima u kojima se nalaze. Kod umjetnog sušenja drva, vrlo važan pojam jest ravnotežni sadržaj vode u drvu, ili vlaga ravnoteže (*eng. Equilibrium moisture content*). To je sadržaj vode u drvu pri kojemu niti ne prima vodu iz okolnog zraka niti je otpušta. Da bi drvo postiglo ravnotežni sadržaj vode, potrebno je biti dulje vrijeme u konstantnim i zadanim mikroklimatskim uvjetima. Ti uvjeti su određeni relativnom vlagom i temperaturom zraka, a isčitavaju se iz Keylwerthovog dijagrama (slika 2.). Sušenjem do TZV-a drvu se ne mijenjaju dimenzije (ili se vrlo malo mijenjaju), a sušenjem ispod TZV-a dolazi do znatnih promjena oblika i dimenzija drva u ovisnosti o vrsti drva (Horvat I., Krpan J. 1967.).



Slika 2. Keylwerthov dijagram

(Izvor: <https://www.thermolignum.at/at/thermo-lignum-warmair-verfahren.html>, 1.7.2022.)

3.1.4 Elastičnost hrastovine u odnosu na ostale vrste drva

Mjera elastičnosti je modul elastičnosti. To je odnos između naprezanja po jedinici površine i deformacije po jedinici dužine ($E = \sigma/\epsilon$). Drvo ima tri međusobno okomite ravnine. To su uzdužna, radijalna i tangencijalna. Potrebno je dakle razlikovati modul elastičnosti u smjeru vlaknaca i okomito na vlakanca u radijalnoj i tangentnoj ravnini. Modul elastičnosti u smjeru vlaknaca (E_L) je najveći; modul elastičnosti okomito na vlakanca u radijalnoj ravnini (E_R) kreće se u granicama od 1/6 do 1/23 E_L , a modul elastičnosti okomito na vlakanca u tangencijalnoj ravnini (E_T) kreće se u granicama od 1/11 do 1/40 E_L . Kod drva je najviše je istražen modul elastičnosti u smjeru vlaknaca; on je osobito važan za konstrukcije od masivnog drva (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Tablica 2. Modul elastičnosti kod pojedinih vrsta drva

Vrst drva	Modul elastičnosti kp/cm ²		
LISTAČE			
Bagremovina	90.000	136.000	170.000
Brekinjevina	100.000	117.000	134.000
Brestovina	59.000	110.000	160.000
Brezovina		165.000	
Bukovina	100.000	160.000	180.000
Grabovina	70.000	162.000	177.000
Hrastovina, lužnjaka	100.000	117.000	132.000
Hrastovina, kitnjaka	92.000	130.000	135.000
Jasenovina	44.000	134.000	181.000
Jasikovina		78.000	
Javorovina	64.000	94.000	152.000
Johovina		77.000	
Kestenovina, pitoma		90.000	
Kestenovina, divlja	46.000	53.000	65.000
Kruškovina	60.000	80.000	100.000
Lipovina	58.000	74.000	172.000
Orahovina, obična		125.000	
Orahovina, crna		118.000	
Topolovina, crna	40.000	88.000	117.000
Topolovina, kanadska		96.000	
Vrbovina	44.000	72.000	101.000
CETINJAČE			
Ariševina	63.000	138.000	200.000
Borovina, obična	69.000	120.000	201.000
Borovina, Vajmutova		90.000	
Duglazijevina		115.000	
Jelovina	66.000	110.000	172.000
Smrekovina	73.000	110.000	214.000
EGZOTE			
Balsa (Ochroma sp.)	11.000	26.000	60.000
Bongosi (Lophira procera)	220.000	240.000	286.000
Eukaliptovina (Jarrah)	116.000	136.000	165.000
Gvajakovina	110.000	123.000	135.000
Hikorijevina		156.000	
Mahagonijevina		135.000	
Okumeovina		30.000	
Tikovina	105.000	130.000	156.000

Izvor: Horvat I.; Krpan J.: Drvno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 448 str.

Iz tablice 2. možemo očitati vrijednosti modula elastičnosti pojedinih vrsta drva. U usporedbi hrastovine s ostalim vrstama prstenasto poroznih vrsta drva kao što su bagremovina i jasenovina ima slične vrijednosti modula elastičnosti, dok ima veću vrijednost od kestenovina. U odnosu na difuzno porozne listače kao što su bukovina, brezovina i grabovina ima očekivano manju vrijednost modula elastičnosti. Što se tiče usporedbe između same vrste hrastovine, hrastovina kitnjaka ima veću vrijednost modula elastičnosti od hrastovine lužnjaka.

3.1.5 Čvrstoća i tvrdoća drva hrastovine

Čvrstoća je najveće unutarnje naprezanje neposredno prije loma; njome se neko tijelo opire djelovanju mehaničkih vanjskih sila koje ga nastoje smrviti, raskinuti, saviti, prelomiti itd. Prema brzini i učestalosti djelovanja vanjske mehaničke sile čvrstoća se dijeli na statičku i dinamičku. Statička čvrstoća nastaje kao posljedica postepenog (pri ispitivanju čvrstoće normiranog) djelovanja mehaničkih sila. Dinamička čvrstoća nastaje kao posljedica naglog, odnosno trenutnog djelovanja mehaničkih sila. Čvrstoća na vlak je najveće unutarnje naprezanje koje se javlja ako na tijelo djeluju dvije sile suprotnog smjera, koje nastoje da ga raskinu ili rastegnu. Čvrstoća na vlak drva u smjeru vlakancu kreće se od 100 do 2250 kp/cm². Čvrstoća na vlak u smjeru vlakancu znatno je veća od one u smjeru suprotnom od vlakancu (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Tablica 3. Čvrstoća na vlak pojedinih vrsta drva

Vrst drva	Čvrstoća na vlak kp/cm ²		
LISTAČE			
Bagremovina	1000	1480	1850
Brestovina	650	800	2100
Brezovina	350	1370	2700
Bukovina	570	1350	1800
Grabovina	470	1350	2000
Hrastovina	500	900	1800
Jasenovina	700	1650	2930
Javorovina		820	
Johovina		940	
Kestenovina, pitoma		1350	
Kestenovina, divlja	560	810	1000
Lipovina	230	850	1450
Orahovina, obična		1000	
Topolovina, crna	430	770	1100
Vrbovina	270	640	1000
CETINJACE			
Ariševina		1070	
Borovina, obična	350	1040	1960
Borovina, Vajmutova	530	1040	1350
Duglazijevina		1050	
Jelovina	480	840	1200
Smrekovina	210	900	2450
EGZOTE			
Bongosi (Lophira procera)		2170	
Eukaliptovina (Jarrah)	680	900	1150
Hikorijevina		1520	
Okumeovina		660	
Tikovina	950	1190	1550

Izvor: Horvat I.; Krpan J.: *Drveno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 449 str.*

Čvrstoća na vlak hrastovine manja je u usporedbi kod najčešćih komercijalnih vrsta u RH, kao što su bagremovina, bukovina te grabovina (tablica 3). S obzirom da se drveni proizvodi rijetko nalaze u situacijama gdje na njih utječu vlačne sile, hrastovina je i dalje poželjan materijal za proizvodnju podnih obloga.

Čvrstoća na tlak najveće je naprezanje koje se javlja ako na tijelo smješteno na horizontalnoj podlozi djeluje sila okomito na podlogu koja ga nastoji stlačiti, odnosno smrviti ili zgnječiti. Čvrstoća na tlak u smjeru vlakancu nekoliko je puta (3 do 10) veća od čvrstoće na tlak okomito na vlakancu (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Tablica 4. Čvrstoća na tlak pojedinih vrsta drva

Vrst drva	Čvrstoća na tlak kp/cm ²		
LISTAČE			
Bagremovina	560	730	960
Brekinjevina	495	530	550
Brestovina	370	560	730
Brezovina	380	570	1000
Bukovina	410	620	990
Grabovina	550	820	990
Hrastovina, lužnjaka	540	610	670
Hrastovina, kitnjaka	480	650	700
Jabukovina		460	
Jasenovina	230	520	800
Jasikovina		410	
Javorovina	290	490	720
Johovina	350	470	600
Kestenovina, pitoma	330	410	470
Kestenovina, divlja	280	305	335
Kruškovina	410	540	600
Lipovina	260	520	780
Orahovina, obična	465	720	890
Orahovina, crna		530	
Topolovina, bijela		340	
Topolovina, crna	260	350	560
Topolovina, kanadska		345	
Trešnjovina		490	
Vrbovina	200	280	440
CETINJAČE			
Ariševina	350	470	690
Borovina, obična	350	550	940
Borovina, crna	280	560	890
Borovina, Vajmutova	300	340	380
Duglazijevina		470	
Jelovina	310	470	590
Limbovina		400	
Munikovina	400	465	510
Smrekovina	350	500	790
Tisovina		610	
EGZOTE			
Balsa (Ochroma sp.)	35	94	270
Bongosi (Lophira procera)	880	1090	1300
Eukaliptovina (Jarrah)	465	670	750
Gvajakovina	900	1050	1260
Hikorijevina		630	
Mahagonijevina	290	500	730
Okumeovina	220	400	480
Tikovina	600	720	1020

Izvor: Horvat I.; Krpan J.: *Drveno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 451 str.*

Iz tablice 4. moguće je očitati da hrastovina ima visoku čvrstoću na tlak. Ponovno najveće vrijednosti imaju bagremovina i grabovina, ali neznatno veće. Čvrstoća drva na tlak jako je važno mehaničko svojstvo za materijal od kojeg se proizvode podne obloge. Pošto je iz tablice vidljivo da je hrastovina u vrhu po pitanju čvrstoće na tlak, zaključujemo da je ona vrhunski materijal za proizvodnju podnih obloga.

Tvrdoća drva je otpor što ga drvo suprotstavlja prodiranju nekog drugog, tvrdog tijela u njegovu masu. To se prodiranje vrši ili postepeno, posredstvom težine (tlaka) ili trenutno posredstvom udarca. U prvom slučaju govori se o statičkoj tvrdoći, a u drugom o dinamičkoj tvrdoći. Budući da je drvo anizotropan materijal treba razlikovati: frontalnu, tangentnu i radijalnu tvrdoću. Tvrdoća drva ovisi o vrsti drva, građi i gustoći, dijelu debla, smjeru vlakana i sadržaju vode u drvu. Za ispitivanje

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

tvrdće drva najpoznatije metode su: Brinell-Moratha, Janke, Kripella te metoda laboratorija u Chalais-Meudonu (Horvat I., Krpan J. 1967.).

Tvrdoća drva također je vrlo važno svojstvo materijala za proizvodnju podnih obloga. Što je tvrdoća materijala veća, to će prodiranje tvrdih materijala koji slučajno padnu na podnu oblogu biti manji te će manje doći do štete. Tvrdoća je usko povezana sa gustoćom drva, u većini slučajeva one su proporcijalne, to jest, što je gustoća drva veća, veća je i tvrdoća.

Tablica 5. Tvrdoća pojedinih vrsta drva

Vrst drva	Tvrdoća kp/cm ²		
LISTAČE			
Bagremovina	450	590	770
Brekinjevina		632	
Brestovina	470	640	1140
Brestovina	370	490	630
Bukovina	540	780	1100
Grabovina	670	890	1260
Hrastovina, lužnjaka	280	650	1010
Hrastovina, kitnjaka	430	690	990
Jabukovina	470	750	940
Jasenovina	410	760	1150
Jasikovina	210	320	500
Javorovina	520	670	860
Johovina	320	440	590
Kestenovina, pitoma	320	510	730
Kestenovina, divlja		345	
Kruškovina	700	790	910
Lipovina	260	330	390
Orahovina, obična	530	720	880
Orahovina, crna		420	
Topolovina, crna	200	270	340
Topolovina, kanadska	240	295	370
Trešnjovina	420	695	480
Vrbovina	210	330	460
CETINJAČE			
Ariševina	220	380	700
Borovina, obična	190	300	500
Borovina, crna		345	
Borovina, Vajmutova		230	
Duglazijevina		300	
Jelovina	180	340	530
Limbovina	290	260	440
Munikovina	330	345	570
Smrekovina	140	270	460
Tisovina		650	
EGZOTE			
Balsa (Ochroma sp.)	30	80	140
Bongosi (Lophira procera)		1340	
Ebanovina		1430	
Eukaliptovina (Jarrah)		870	
Gvajakovina	1760	1970	2200
Hikorijevina		840	
Mahagonijevina		615	
Okumeovina	260	285	310
Palisandrovina		1020	
Piratineria guianensis		1630	
Tikovina		385	

Izvor: Horvat I.; Krpan J.: *Drveno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 458 str.*

Iz tablice 5. je vidljivo da hrastovina spada u kategoriju tvrdih drva u odnosu na ostale komercijalne vrste drva u Republici Hrvatskoj, te je to još jedna pozitivna stavka kod hrastovine kao izbora materijala za izradu podnih obloga

3.2 Normativna vidna razredba hrastovih drvenih podova

Osnovnom vidnom razredbom elemenata za izradbu hrastovih drvenih podova propisani su postupci utvrđivanja i mjerenja estetskih obilježja drva radi lakšeg praćenja kontrole klasiranja (kvalitete) prema normama proizvoda (tablice 6 do 12). Mjerenje obilježja provodi se prema normama koje određuju načine mjerenja, poglavito prema normama:

- HRN EN 1310:1999 Oblo i piljeno drvo – Metoda mjerenja svojstava
- HRN EN 1311:1999 Oblo i piljeno drvo – Metoda mjerenja bioloških oštećenja

U svakoj su proizvodnoj normi specificirana tri razreda kakvoće, označene ○, Δ, □. Poseban razred nezvan za tri navedena naziva se slobodnim razredom kakvoće. Lice parketnih daščica obuhvaća svu vidljivu gornju površinu. Ako postoje skošenja u daščici i ona pripadaju licu daščice. Lice daščice mora biti zdravo i bez pukotina. Slobodni razred kakvoće pojedine vrste drva obuhvaća sve vrste elemenata obloge koje se mogu koristiti za izradu drvenih podova i čija je minimalna srednja vrijednost tvrdoće 10 N/mm². Tvrdoća se mjeri prema Brinellu prema HRN EN 1534. Slobodni razred kakvoće obuhvaća razredbe koje proizvođač može ponuditi ili koje kupac zahtijeva. Razmjeri i granice svojstava moraju biti posebno navedeni u proizviđačevim podacima (obrascu slobodnog razreda) o proizvodu. Boja drva uglavnom ovisi o vrsti drva. Sve vrste drva mijenjaju boju tijekom vremena izloženog djelovanju svjetlosti. Svaka vrsta drva i pošiljka robe ima drugačiji izgled koji ovisi o području nabave drva, o sušenju, o glatkoći mehaničke obrade i vrsti površinske obrade. Dekorativni izgled svake vrste drva varira od razreda do razreda kakvoće. Treba napomenuti da neki razredi kakvoće (npr. Δ deklariran opisnim razredima kao „rustik“, „gestreiff“, „bjeljika“, „struktur“) dozvoljavaju mnogo različitih i naglašenih prirodnih obilježja teksture i boje drva (Turkulin i dr. 2015).

Tablica 6. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih parketnih daščica drva hrasta prema HRN. D. D.5. 020

Obilježja drva	Ekstra razred	Standardni razred	Rustik razred
Bjeljika		u tragovima	neograničeno
Kvržica	svijetla, ako nije u grupi	svijetla, neograničeno	neograničeno
Kvrga do 10 mm		po 1 na daščici	neograničeno
Kvrga do 15 mm			po 1 na daščici
Mušičavost			po 5 uboda, ali ne u grupi
Pukotina do širine	do 0,5 mm	do 1 mm	do 3 mm
Usukanost žice	mala < 10% I	srednja < 20% I	velika > 20% I
Kosa žica	< 5%	5 do 10%	> 10%
Ostale greške ako ne utječu na čvrstoću	da	da	da
Dozvoljeni broj navedenih grešaka	3	4	neograničeno

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Tablica 7. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnog parketa drva hrasta prema HRN EN 13226 (2011)

Lice parketne daščice			
Obilježja drva	Razred kakvoće		
	○	Δ	□
Zdrava bjeljika	Nije dozvoljena	Dozvoljena	Dozvoljena blago probijajuća bjeljika
Kvrge Zdrave i srasle kvрге Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 8 mm Promjer ≤ 1 mm	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 10 mm Promjer ≤ 5 mm	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Dozvoljene do dužine od 15 mm	
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Raspukline	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja	
Razlike u boji	Dozvoljene neznatne razlike	Dozvoljene	
Drvni traci	Dozvoljeni	Dozvoljeni	
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena, osim plavila i mušičavosti
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)			
Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva. Zdrava bjeljika je dozvoljena od naličja do prednje strane pera, nezavisno od ograničenja koja vrijede za gornju stranu (lice).			

Tablica 8. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede lam parketnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13227 (2002)

Lice parketne daščice			
Obilježja drva	Razred kakvoće		
	○	Δ	□
Zdrava bjeljika	Nije dozvoljena	Dozvoljena ^a	Dozvoljena blagi tragovi bjeljike
Kvrge Zdrave i srasle kvрге širina < 70 mm širina ≥ 70 mm Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 2 mm Promjer ≤ 3 mm Nisu dozvoljene	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 5 mm Promjer ≤ 10 mm Promjer ≤ 3 mm	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 15 mm Promjer ≤ 30 mm Promjer ≤ 10 mm
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Dozvoljene	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Okružljivost	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja	
Razlike u boji	Dozvoljene neznatne razlike	Dozvoljene	
Drvni traci	Dozvoljeni	Dozvoljeni	
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena, osim plavila i mušičavosti
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)			
Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva. Zdrava bjeljika je dozvoljena do 50% debljine daščice.			
a - za velike i maxi lam parketne elemente, dozvoljena je zdrava bjeljika do 15% površine lica			

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Tablica 9. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih pokrovnih podnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13228 (2002)

Lice parketne daščice			
Obilježja drva	Razred kakvoće		
	○	Δ	□
Zdrava bjeljika	Nije dozvoljena	Dozvoljena	Dozvoljeni blagi tragovi
Kvrge Zdrave i srasle kvрге Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 2 mm Nisu dozvoljene	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 5 mm Promjer ≤ 3 mm	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 15 mm Promjer ≤ 10 mm
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Dozvoljene do dužine od 15 mm	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Okružljivost	Nisu dozvoljene	Nisu dozvoljene	
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja	
Razlike u boji	Dozvoljene neznatne razlike	Dozvoljene ^a	
Drvni traci	Dozvoljeni	Dozvoljeni	
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena, osim plavila i mušičavosti
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)			
Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva. Zdrava bjeljika je dozvoljena od donjeg do gornjeg dijela muškog profila sustava kopčanja, nezavisno od ograničenja koja vrijede za lice daščice			

Tablica 10. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede višeslojnih parketnih elemenata drva hrasta prema HRN EN 13489 (2002)

Lice parketne daščice			
Obilježja drva	Razred kakvoće		
	○	Δ	□
Zdrava bjeljika	Nije dozvoljena	Dozvoljena do 50% površine lica, ako je proširena	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva
Kvrge ^a Zdrave i srasle kvрге Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 3 mm Promjer ≤ 1 mm, ako nisu grupirane zajedno ^b	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 8 mm Promjer ≤ 2 mm	
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Dozvoljene do dužine od 20 mm po elementu	
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Okružljivost	Nisu dozvoljene	Nisu dozvoljene	
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja	
Razlike u boji	Dozvoljene neznatne razlike	Dozvoljene	
Drvni traci	Dozvoljeni	Dozvoljeni	
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena	
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)			

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Tablica 11. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede masivnih predgotovljenih dasaka drva hrasta prema HRN EN 13629 (2002)

Lice parketne daske				
Obilježja drva	Razred kakvoće			
	○	Δ	□	
Zdrava bjeljika	Dozvoljena do 10% površine lica, ako je proširena	Dozvoljena do 50% površine lica, ako je proširena	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva	
Kvrge ^a Zdrave i srasle kvрге Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 15 mm Promjer ≤ 5 mm	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 35 mm Promjer ≤ 25 mm		
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Dozvoljene do dužine od 50 mm po elementu		
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena		
Okružljivost	Nisu dozvoljene	Dozvoljene		
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja		
Razlike u boji	Dozvoljene, bez ograničenja	Dozvoljene, bez ograničenja		
Drvni traci	Dozvoljeni	Dozvoljeni		
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena		Nije dozvoljena, osim plavila i mušičavosti
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)				
Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva. a - pukotine u kvргama i rupe od kvрга moraju biti popunjene (pomoću zapunjača)				

Tablica 12. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede lamel parketa drva hrasta prema HRN EN 13488 (2002)

Lice parketne daske				
Obilježja drva	Razred kakvoće			
	○	Δ	□	
Zdrava bjeljika	Nije dozvoljena	Dozvoljena	Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva	
Kvrge Zdrave kvрге Trule kvрге	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 2 mm Promjer ≤ 1 mm	Dozvoljene ako je: Promjer ≤ 2 mm Promjer ≤ 1 mm		
Površinske pukotine	Nisu dozvoljene	Nisu dozvoljene		
Urasla kora	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena		
Raspkuline	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena		
Kosa žica	Dozvoljena, bez ograničenja	Dozvoljena, bez ograničenja		
Razlike u boji	Dozvoljene neznatne razlike	Dozvoljene ^a		
Biološka zaraza	Nije dozvoljena	Nije dozvoljena		Nije dozvoljena, osim plavila i mušičavosti
Dijelovi parketne daščice koji nisu vidljivi (Naličje)				
Dozvoljene su sve greške bez ograničenja na veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću ili trajnost drva. a - smeđi hrast				

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Tablica 13. Pregled dozvoljenih odstupanja za pojedine razrede ploča lamel parketa drva hrasta prema HRN. D. D5. 021.

Obilježja drva	Ekstra razred	Standardni razred	Rustik razred
Svijetle kvržice	po 1 na lameli	neograničeno, ali ne u grupama	neograničeno
Svijetle kvрге do 10 mm	ne	po 1 na polju	neograničeno
Tamne kvržice	ne	po 1 na lameli	neograničeno
Tamne kvрге do 10 mm	ne	ne	neograničeno
Usukanost žice	blaga	srednja	velika
Pukotine širine	do 0,5 mm	do 1 mm	do 2 mm

Razredba parketnih daščica vrši se prema izgledu gornje strane daščice (lice) kako kod europskih, tako i kod hrvatskih normi. Na donjoj strani daščice (naličju) dozvoljene su sve greške bez ograničenja na njihovu veličinu ili količinu, ako ne narušavaju čvrstoću i trajnost drva kod europskih i hrvatskih normi. Postoje, međutim i suštinske razlike između načina vrednovanja pojedinog pojavnog obilježja. U ranijim hrvatskim normama mjerila se širina površinskih pukotina, dok se kod europskih normi mjeri njihova dužina. Smatramo, međutim da je širina pukotine bila bolji parametar kakvoće, jer je vidljivo uočljivija nego dužina pukotine i puno više smeta za ostvarenje cjelovitog filma laka. Kod hrvatskih normi površinske pukotine bile su dozvoljene u svim klasama, dok su kod nekih europskih normi dozvoljene samo u Δ i \square klasi. Kod hrvatskih normi mušičavost je dozvoljena u rustik klasi do 5 uboda, dok je kod europskih nori dozvoljena neograničeno u \square klasi. U europskim se normama za masivne podne elemente zahtijeva sadržaj vode u drvu $9 \pm 2 \%$, dok se u hrvatskim normama tražilo da pri isporuci proizvoda sadržaj vode bude $10 \pm 3 \%$. Suženje raspona u HRN EN je prilagođeno poboljšanim standardim stanogradnje u europskim zemljama, čestom ugrađivanju parketa u suhe i centralno grijanje prostore, često i u prostorima s podnim grijanjem, pri čemu se prihvatljivim pokazuju niski sadržaji vode u rasponu od $6 \pm 2\%$, nego oni u gornjem današnjem rangu od $12 - 13\%$ (Turkulin i dr. 2015).

3.3 Sušenje drva

3.3.1 Svrha sušenja

Drvo je higroskopan materijal, ono nastoji izjednačiti sadržaj vode sa ravnotežnim sadržajem vode, odnosno otpustiti vodu (sušiti se) ako je ravnotežni sadržaj ispod sadržaja vode ili upiti vodu ako je ravnotežni sadržaj vode iznad sadržaja vode u drvu. Sadržaj vode u drvu dakle varira u ovisnosti mikroklimе u kojoj se nalazi. Parametri koji utječu na mikroklimu pa samim time i na ravnotežni sadržaj su relativna vlaga zraka i temperatura zraka. Što je temperatura viša, a relativna vlaga zraka niža, to je ravnotežni sadržaj niži i obrnuto.

Glavni razlozi sušenja drvne građe jest poboljšanje svojstava te povećanje vrijednosti drvne građe. Primarni cilj sušenja je proizvesti proizvod koji je kvalitetan i može se koristiti za svrhu koju je proizveden, a da pri tome dođe do što manjih gubitaka. Također, sušenje mora biti isplativo te ekološki i ekonomski opravdano.

Neke od prednosti suhog drva u odnosu na sirovo ili prosušeno su:

- Drvo s manje od 20 % sadržaja vode nema rizik od pojave mrlja, truljenja ili plijesni uslijed djelovanja gljiva
- Suho drvo ima dvostruko veću čvrstoću te gotovo dvostruko veću tvrdoću od sirovog drva
- Spojni elementi zabijeni u suhu građu, kao što su čavli ili klamerice držat će čvršće nego kad su zabijeni u sirovu građu, jer se ona prosušuje i dolazi do povećanja rupa nastalih prilikom zabijanja spojnih elemenata
- Suha drvena građa teži 40 do 50 % manje nego sirova, što ima pozitivan utjecaj na transport
- Proizvodi napravljeni od suhog drva manje će mijenjati dimenzije nego proizvodi od sirovog drva
- Lijepljenje, strojna obrada te završna obrada suhog drva puno je lakša nego sirovog drva
- Drvo koje će se tretirati usporivačima požara ili zaštitnim sredstvima mora biti barem djelomično osušeno (prosušeno) radi lakšeg prodiranja sredstava (Denig i dr. 2000)

3.3.2 Prirodno sušenje drva

Prirodno sušenje drva jest proces sušenja drva koji nastupa odmah nakon sječe stabla. Drvo se prirodno suši kao oboreno stablo, odnosno trupac, kao izrađeni drvni element ili kao ispiljena piljenica (okrajčena ili neokrajčena). Procesom prirodnog sušenja drva započinje sušenje drva. Drvo kod procesa prirodnog sušenja se nalazi pod utjecajem prirodnih vremenskih uvjeta. Trupci izrađeni u šumama trebaju što prije doći do stovarišta trupaca poduzeća koji će ga ispiliti u piljenice ili elemente. Ukoliko trupac dugo stoji na stovarištu gdje nije adekvatno zbrinut, odnosno gdje nema sustava navodnjavanja trupaca, takav trupac u ljetnom periodu godine naglo će izgubiti dio slobodne vode u vanjskim dijelovima, dok će u unutarnjim dijelovima sadržaj vode biti veći te dolazi do velikog naprezanja u drvu. Zbog tih naprezanja dolazi do uzdužnih raspuklina kada se trupac ispili u piljenicu, što znatno smanjuje iskorištenje drvne sirovine. Dakle, prirodno sušenje ne može biti kontrolirano kao umjetno, ali može se do neke granice kontrolirati. Ispiljeni elementi i piljenice, ukoliko se ne obrađuju odmah treba zaštititi voskom ili nekim drugim zaštitnim sredstvom tako da im se premažu čela. Tim postupkom usporen je proces prirodnog sušenja, ali smanjuje se pojava čeonih pukotina. Također, svježe piljenice i elemente treba zaštititi da nisu direktno na suncu i da nisu na poziciji na kojoj se javljaju jaki vjetrovi. Tim postupcima znatno će se smanjiti pojava „zonera“ i uzdužnih površinskih i dubinskih pukotina. Ukoliko su piljenice ili elementi pravilno skladišteni,

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

pojava grešaka je znatno smanjena, a vrijeme sušenja u sušionici znatno je smanjeno. Primjerice, drvo netom što je posječeno, te ubrzo obrađeno ima sadržaj vode 100-150% ili više, ovisno o vrsti, a prirodno prosušeno drvo može imati sadržaj vode 30-40%, čak i manje. Vrijeme sušenja je znatno kraće ako je ulazni sadržaj vode manji. Treba napomenuti da je za prirodno sušenje drva, takozvano „predsušenje“ potreban dovoljan kapacitet sušara i proizvodnje, te najbitnije, potreban je prostor na kojem će se ti elementi i piljenice kvalitetno skladištiti. Kako bi se smanjila pojava grešaka sušenja kod prirodnog sušenja, također se koriste mrežice kojima se složajevi pokrivaju kako bi se negativan utjecaj vjetera i sunca tokom ljetnih mjeseci smanjio. Brzina prirodnog sušenja drva ovisi o: vrsti drva, načinu slaganja elemenata i piljenica, vremenskim uvjetima i uređenosti skladišta.

Velika prednost sušenja na otvorenom je u tome da nam ne treba energija, ulaganje u pomoćne naprave je neznatno, a nije niti potreban velik broj naprava i instrumenata koji su inače nužni u komorama za sušenje. Većinom sušenje na otvorenom ubrajamo u manje rizične postupke, jer su uvjeti sušenja dobri, a vrijeme sušenja duže, što pomaže većem oslobađanju napetosti koje se javljaju tijekom sušenja, a i različitoj razdiobi vlažnosti. Može se preporučiti iskorištavanje prirodnih uvjeta odmah nakon tesanja, dok je drvo još svježije i dok ne treba osiguravati visoke temperature sušenja. Rjeđe vrste drva suše se u dobrim uvjetima i do 5 posto na dan (bijeli dio četinjača), a gušće domaće listače od 2 do 3 posto na dan. Pored dugotrajnog postupka, veliki nedostatak sušenja na otvorenom je i nemogućnost postizanja niskih vlažnosti, ali i to, što samim procesom ne možemo upravljavati, što su sredstva uložena u kupovinu drva dugo vezana, a drvo tako još više izloženo opasnostima bioloških zagađenja. Uz sve skuplje cijene zemljišta treba svakako spomenuti još i to, da sušenje drva na otvorenom zahtijeva i raspolaganje velikim površinama. (<https://korak.com.hr/korak-012-prosinac-2005-susenje-na-otvorenom/>, 1.7.2022.)

Tablica 14. Svojstva prirodnog sušenja za neke domaće vrste drva
(<https://korak.com.hr/korak-012-prosinac-2005-susenje-na-otvorenom/>, 1.7.2022.)

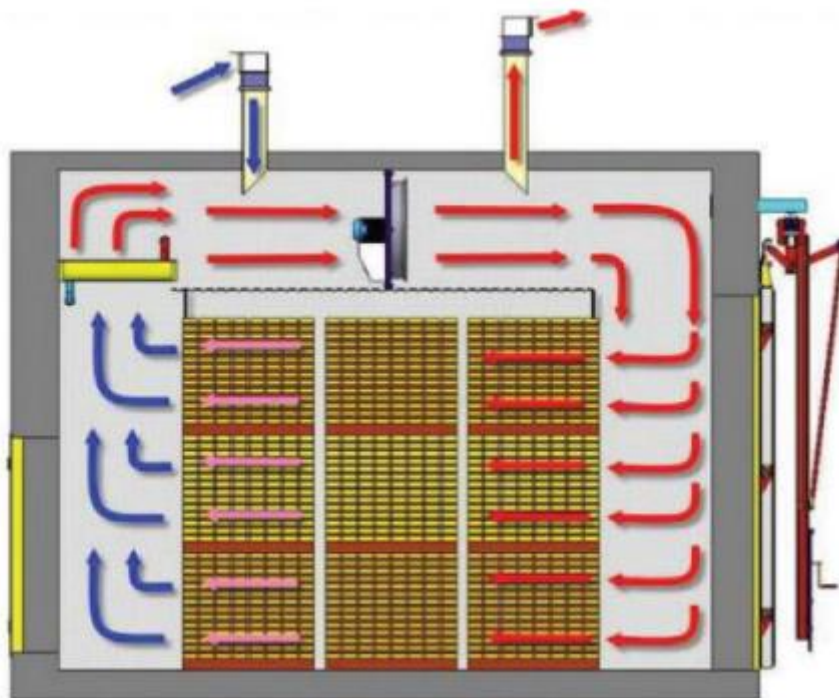
Smrekovina, jelovina	brzo i jednostavno; tijekom zime postoji opasnost od zagađivanja gljivicama
Bor	Bijeli dio se suši brzo, u lošijim uvjetima postoji opasnost od okuženja gljivicama (modrilo)
Bukva	izvijanje (pravilno slaganje), pucanje, biološka neotpornost
Hrast	polagano (u hladovini), opasnost od nastajanja raspuklina
Javor	Promjena boje uslijed meteoroloških padalina
Brijest	izvijanje (sušenje uz opterećivanje)

3.3.3 Umjetno sušenje drva

Umjetno sušenje drva proces je sušenja drva u kontroliranim uvjetima gdje se pomno prate parametri temperature zraka, relativne vlage zraka te brzine strujanja zraka. Provođi se u sušionicama koje mogu biti različitog načina rada. Najčešće se koriste klasične komorne sušionice (tehnologija evaporacijskog sušenja), a još se koriste kondenzacijske sušionice, vakuumske sušionice.

Sušionice kao grijane prostorije s mogućnošću regulacije potrebne temperature i relativne vlage zraka imaju veliku prednost pred prirodnim sušenjem: drvo se u njima može osušiti na željeni sadržaj vode, uz mogućnost kontrole procesa i uz minimalan udio grešaka (Krpan, 1965).

U većini slučajeva postupak poznat kao evaporacijsko sušenje primjenjuje se u umjetnom sušenju drva. Okolina u kojoj se suši sastoji se od mješavine zraka i vodene pare i zato se ovaj univerzalni postupak sušenja drva ispod 100°C naziva evaporacijsko sušenje (evaporacija = isparavanje). Sušionice bilo koje veličine, najčešće od metala, opremljene su odgovarajućim ventilatorima koji osiguravaju potrebno strujanje zraka kroz drvo koje se suši. Zrak prolazi kroz ugrađene izmjenjivače topline (grijače). Svrha je konstantno mijenjanje uvjeta zraka, osiguravanje konstantne topline drva i istodobno odvođenje vlage s površine drva. Potrebni uvjeti sušenja podešavaju se ili ručno ili bolje automatskim kontrolnim sistemom, tako da se sušenje provede na najbolji način za zahtijevanu kvalitetu drva. Određeni udio zraka koji je zasićen vlagom što je isparila s površine drva, izbacuje se kroz odvođe zraka. U isto vrijeme jednaka količina zraka dodaje se sistemu u obliku svježeg zraka. Svježiji je zrak uvijek suši nego zrak unutar sušionice. Time se osigurava da zrak u sušionici može prilikom procesa sušenja apsorbirati još vlage s površine drva. Kada uvjeti u sušionici postanu presuhi, tako da može doći do grešaka, preko navlaživača dodaje se nužna voda zraku. Ovaj dodatak vode osigurava se u obliku raspršene magle ili u obliku vodene pare. Odgovarajući ugrađeni mjerni instrumenti, kao što su psihrometar ili mjerač ravnotežnog sadržaja vode sa temperaturnom probom, uređaji su koji osiguravaju odgovarajuće ambijentalne uvjete. Za kontrolu uvjeta sušenja i ravnotežnog sadržaja vode rabe se podaci dani higroskopnom ravnotežom drva. Ako se primjenjuju moderne tehnike, postupkom sušenja mogu se postići svi željeni rezultati – kvalitativno i kvantitativno – s odgovarajućom razinom ekonomičnosti (Pervan, 2000).



Slika 3. Presjek klasične (evaporacijske) komorne sušionice (izvor: peskiadmin.ru, 1.7.2022.)

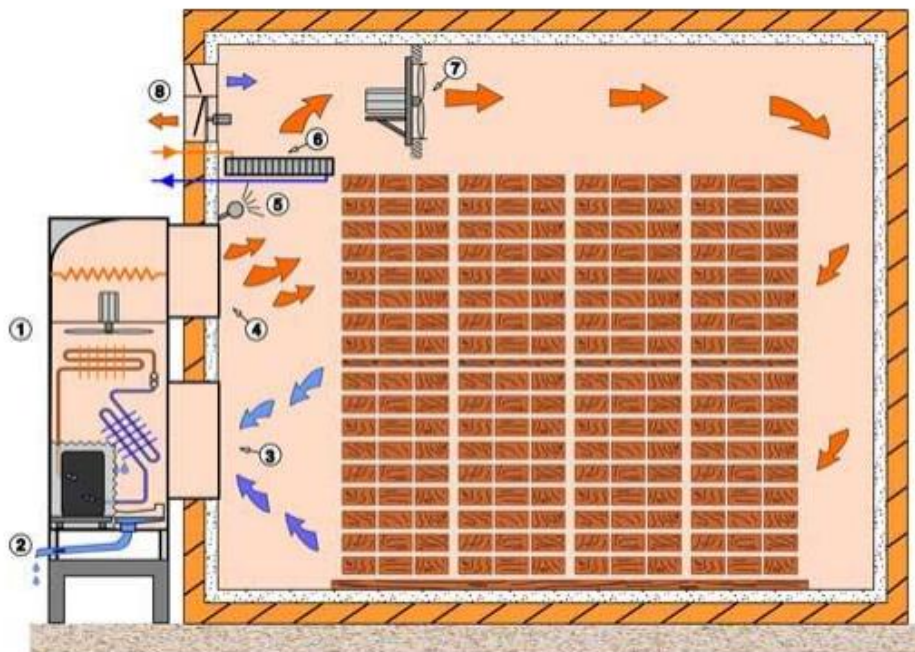
Karakteristična obilježja kondenzacijskih sušionica jesu:

- Raspon temperature: 25 – 45 °C,
- Raspon primjene: sve vrste drva,
- Količina vode za odstranjenje: od 70 do 15 (12) % sadržaja vode,
- Dimenzije drva: bilo koja debljina,
- Brzina sušenja: vrlo sporo do sporo.

Do sada se kondenzacijsko sušenje upotrebljavalo samo u ograničenoj mjeri. Valja napomenuti da je ovaj način sušenja zapravo također sušenje s mješavinom pare i zraka i to nije nov način sušenja. Razlika između ovog i evaporacijskog sušenja koje se primjenjuje opisano jest u tome da se sušenje odvija pri mnogo nižoj temperaturi. Sušenje na niskim temperaturama odvija se zbog tehničkih i fizikalnih svojstava rashladnog sredstva u kondenzacijskom sistemu. U ovom postupku sušenja potrebno je iskoristiti i zrak koji cirkulira i prenosi toplinu drvu te s njega uklanja isparenu vodu. Kretanje zraka omogućeno je ventilatorima ugrađenima u sušionicu. U suprotnosti s opisanim sušionicama, gdje se usisava svjež zrak i ispušta djelomice zasićen zrak, višak se vlage pri kondenzacijskom sušenju kondenzira na rashladnoj površini i odvodi iz sušionice u obliku tekućine. Po tome je ovaj način sušenja dobio ime kondenzacijsko sušenje. U takvoj vrsti sušionica nisu potrebni otvori za izmjenu zraka ni uređaji za navlaživanje. U suprotnosti s uređajima za izmjenu zraka, ovdje postoji dodatni uređaj, rashlađivač (s rashladnom površinom) i kompresorski uređaj s vrlo visokim utroškom električne energije. Zbog

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

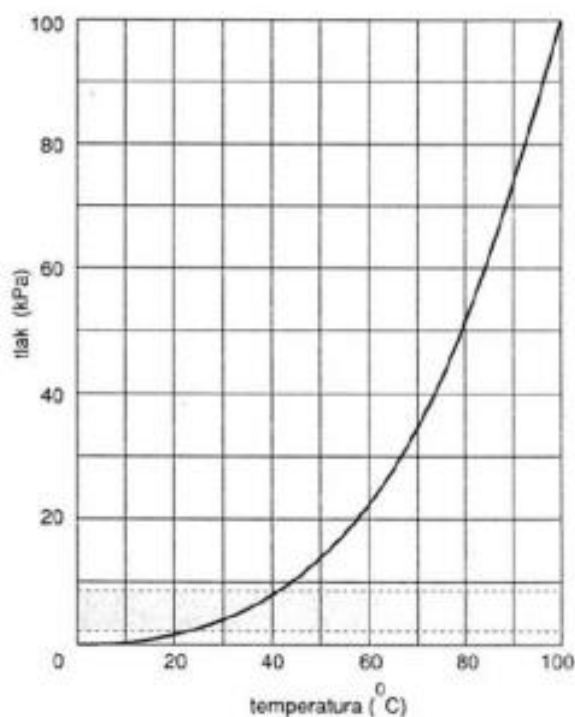
niskih temperatura sušenja, vremena sušenja su duža. U svezi s tim postoji sumnja u povećanu mogućnost nastanka grešaka presporog sušenja u ovoj vrsti sušionica (Pervan, 2000).



Slika 4. Presjek kondenzacijske sušionice

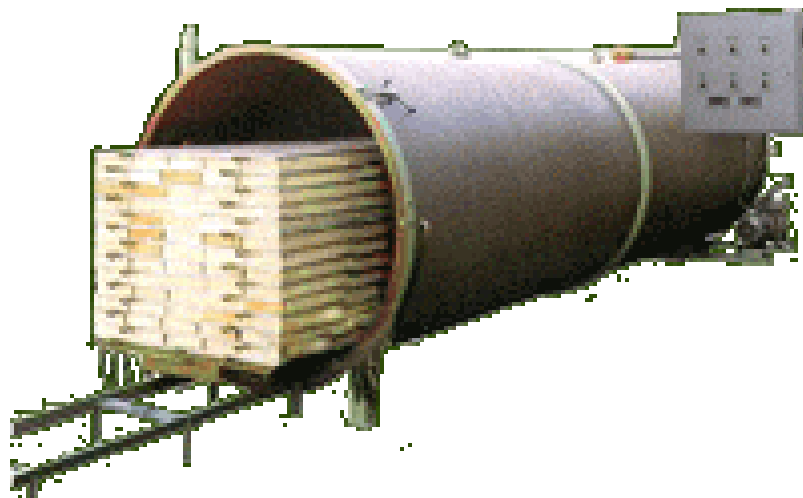
(izvor: <https://nigossusare.rs/susare-za-drvo/kondenzacione-susare/>, 1.7.2022.)

Treća vrsta sušionica koje se koriste kod umjetnog sušenja drva jesu vakuumske sušionice. Glavna prednost ovog načina umjetnog sušenja drva jest blaži režim sušenja, odnosno niža temperatura zraka te kraće vrijeme sušenja u odnosu na klasične evaporacijske sušionice. Najveća mana ovog načina sušenja drva je mali kapacitet vakuumskih sušionica. Poznato je da smanjenjem atmosferskog tlaka zraka temperatura isparavanja vode se smanjuje. Npr. pri normalnom atmosferskom tlaku od 1 bara, temperatura vrelišta vode je 100 °C, dok je kod tlaka od 0,1 bar temperatura vrelišta vode između 40 i 50 °C.



Slika 5. Ovisnost vrelišta vode o tlaku zraka (Izvor: Specijalne metode sušenja drva)

Da bi se drvo sušilo u vakuumu, mora biti smješteno u spremnik oporan na tlak, pri podtlaku od 0,1 bara (0,9 bara ispod atmosferskog tlaka), a prije svega mora odoljeti tlaku od 90 kN po m² površine stijenke spremnika. Zbog otpornosti, spremnici se izrađuju u cilindričnom obliku. Najmanje jedna strana cilindra mora se moći otvoriti zbog punjenja. Krajevi spremnika također su zaobljeni radi otpornosti. Svaki spremnik sadrži od 5 do 11 m³ efektivnog volumena za građu. Ako treba sušiti veće količine građe, spremnici se grupiraju i djelomice opskrbljuju preko zajedničkih uređaja. Postupak sušenja sastoji se od četiri faze, a to su: zagrijavanje i grijanje, vakuumiranje, kondenzacija i odstranjenje kondenzata (Pervan, 2000).



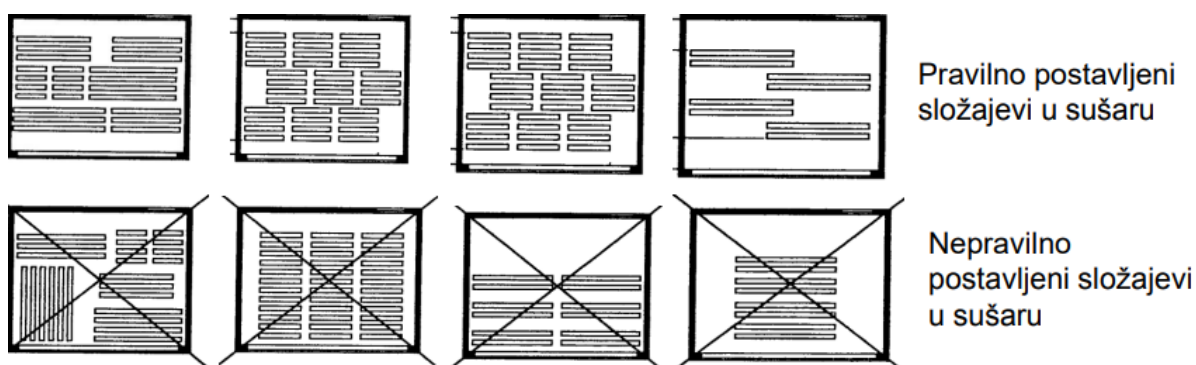
Slika 6. Vakuumska sušionica za drvo
(Izvor: http://www.kmvakuum.com/start/vakuum_susare.html, 1.7.2022.)

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

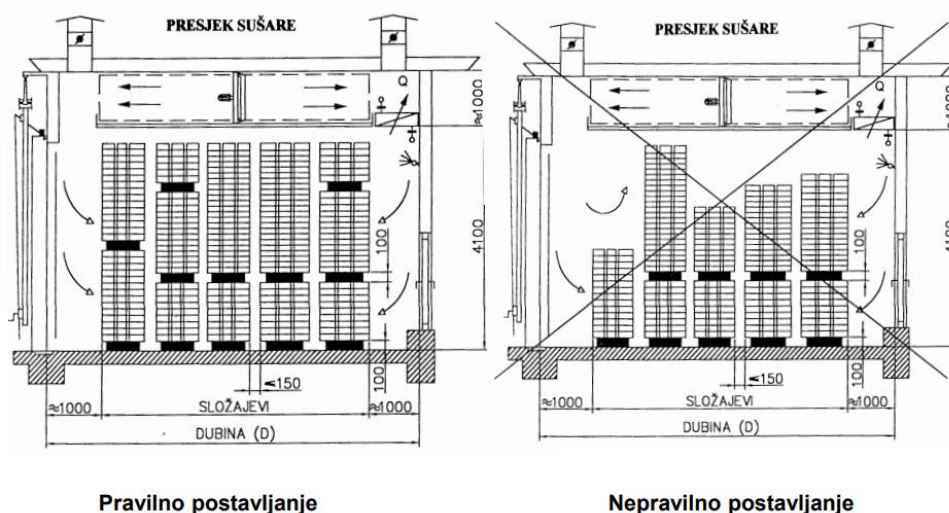
Osim režima sušenja, jako je važno i pravilno punjenje sušionica. Pravilnim punjenjem osiguravamo ujednačeno strujanje zraka te time smanjujemo mogućnost pojava grašaka, odnosno, povećana je kvaliteta sušenja. Pravilnim punjenjem također osiguravamo da se svi složajevi u svim redovima podjednako suše, dakle da nema pojave velikog raspona kod krajnjeg sadržaja vode u drvu. Punjenje sušionica najčešće se izvodi pomoću viličara.



Slika 7. Punjenje komore viličarom



Slika 8. Prikaz pravilnog i nepravilnog načina punjenja sušionica (tlocrt) (Čikić A., 2011)



Slika 9. Prikaz pravilnog i nepravilnog načina punjenja komore (presjek) (Čikić A., 2011).

Osim pravilnog punjenja sušionica, važno je i pravilno slaganje elemenata ili lamela u složajeve. Važno je da su letvice između elemenata ili lamela, takozvane „špangle“ od drva koje ne uzrokuje obojenja. Najčešće se koriste od jelovine ili grabovine, to jest od bijelih vrsta drva. Kod lamela često se koriste aluminijske špangle. Debljina špangli ovisi o debljini građe, tako da se kod građe debljine 18 do 32 mm koriste špangle debljine 22 do 25 mm, kod građe debljine 32 do 50 mm špangle debljine 25 mm, a kod građe deblje od 50 mm koriste se špangle od 35 do 40 mm. Debljinu špangli važno je kontrolirati radi lakšeg i pravilnijeg protoka zraka prilikom sušenja, što dovodi do kvalitetnijeg sušenja (kod umjetnog sušenja), ali i smanjuje se mogućnost pojave plijesni i promjene boje kod prirodnog sušenja (predsušenja). Horizontalni razmak špangli u složajevima također je jako bitan kod procesa sušenja i skladištenja građe. Taj razmak također ovisi o debljini građe, tako kod građe debljine do 27 mm razmak bi trebao iznositi 400 do 800 mm, kod građe debljine 27 do 50 mm treba iznositi 600 do 900 mm, kod građe debljine 50 do 70 mm treba iznositi 800 do 1000 mm, a kod građe deblje od 70 mm iznosi 1000 do 1400 mm. Horizontalan razmak špangli važno je pravilno postaviti kako bi se smanjila mogućnost izvijanja i dimenzijskih promjena građe ili lamela.

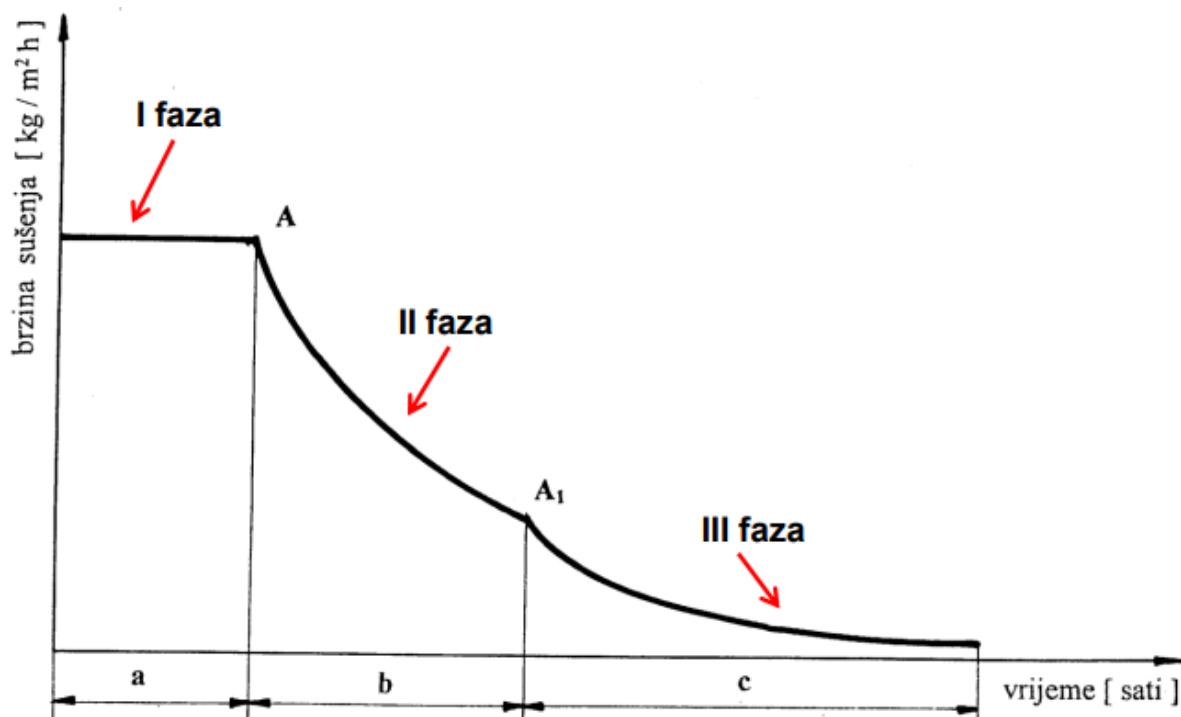


Slika 10. Nepravilan način slaganja horizontalnog razmaka špangli

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Vrijeme sušenja drvene građe najviše ovisi o vrsti drva te o debljini građe. Osim ova dva navedena parametra, ovisi i o sadržaju vode u građi koja ulazi u sušionicu. Kod hrastovih elemenata debljine 28 mm cjelokupni proces umjetnog sušenja iznosi od 65 do 70 dana u prosjeku (s varijacijama obzirom na ulazni sadržaj vode). Režim sušenja ovisan je o debljini i širini građe. Proces umjetnog sušenja lamela traje od 4 do 8 dana, u ovisnosti o debljini lamela. Prva faza nakon punjenja i zatvaranja vrata komore kod pokretanja procesa sušenja jest zagrijavanje komore te držanje stalne temperature od 25 °C 5 do 8 sati. Nakon te faze slijedi faza sušenja do točke zasićenosti vlakanaca (oko 26 % sadržaja vode kod hrastovine). Oštrina sušenja postepeno se povećava. Kada se dođe do tog sadržaja slijedi međukondicioniranje u trajanju od 1 dana. Nakon međukondicioniranja slijedi sušenje do konačnog sadržaja vode te još dvije dodatne faze; izjednačavanje i kondicioniranje. Fazom izjednačavanja izjednačava se sadržaj vode sve građe u sušionici, a fazom kondicioniranja izjednačava se sadržaj vode po presjeku.

Brzina sušenja promatra se pod stalnim uvjetima i definira se s količinom vode koja se ishlapljuje s njegove površine u jedinici vremena, pri čemu se pod stalnim uvjetima podrazumijeva: temperatura, relativna vlaga zraka i brzina strujanja zraka (Čikić A., 2011).



Slika 11. Kvalitativni prikaz tijeka sušenja za higroskopne materijale s visokim sadržajem (iznad 80%) početne vlage (Čikić, 2011)

3.3.4 Greške sušenja

Greške prilikom sušenja neizbježne su, a cilj je umanjiti ih što je više moguće pravilnim slaganjem građe u složajeve, pravilnim punjenjem sušionica složajevima te praćenjem i prilagodbom režima sušenja. Najčešće greške sušenja su diskoloracija, skorjelost, površinske pukotine, kolaps, čeone pukotine te promjene oblika.

Brzina sušenja povećava razliku sadržaja vode u jezgri i vanjskim dijelovima građe te dolazi do pojave vlačnog naprezanja na površini drva. Kod sirovog drva takve razlike mogu biti velike te ako su naprezanja veća od vlačne čvrstoće drva dolazi do pojave pukotina i deformacija drvene građe. Kod početne faze sušenja to se vrlo lako događa, zbog toga sušioničar mora nadzirati proces sušenja i podesiti režim sušenja kako bi osigurao da se sušenje ne odvija prebrzo. Sporije sušenje postiže se manjom frekvencijom vrtnje ventilatora, visokom relativnom vlagom zraka te niskim temperaturama. Brzina sušenja raste s povećanjem frekvencije vrtnje ventilatora. Visoka relativna vlaga zraka i niže temperature zraka povećavaju EMC (ravnotežni sadržaj vode) te usporavaju sušenje što dovodi do manje mogućnosti pojave grešaka sušenja (<http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/FOR/FOR128/FOR128.pdf>, 5.7.2022.).

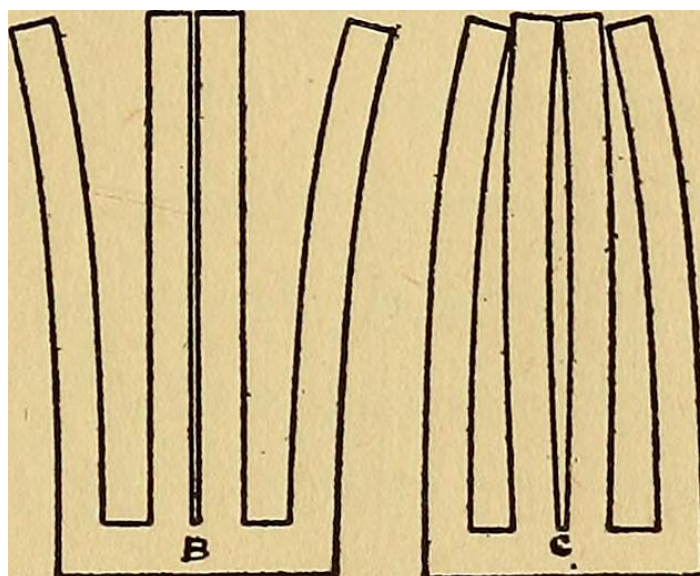
Nastanak mrlja na površini samo je plitka diskoloracija koja se uglavnom može odstraniti odgovarajućim blanjanjem. Mrlje nemaju veću važnost. Nastaju kada para ili vreli kondenzat isparava s površine drva. Na hrastu i tropskim vrstama drva – posebno na vrstama koje sadrže tanin – plavocrne ili smeđe mrlje nastaju kao posljedica međusobne reakcije željeza i tanina. Smeđe mrlje nastaju i kao posljedica skladištenja na otvorenom u vlažnoj klimi. U slučaju četinjača (bor) postoji opasnost od nastanka plavih mrlja, a uzrokuje ih vrsta gljiva. U umjetnom sušenju drva promjene boje mogu se pojaviti na raznim vrstama drva. Javljaju se uglavnom kad je visok sadržaj vode i uzrokovane su viskom relativnom vlagom zraka i visokim temperaturama sušenja u sušionicama. U hrastu s visokim sadržajem vode promjena boje može se pojaviti već na relativno niskim temperaturama sušenja (35 – 40 °C), ovisno o području rasta i mineralnim sastojcima tla, a javljaju se u obliku svijetlih i produženih mrlja ili vrlo svijetlih mrlja. Ova vrsta promjene nije samo površinska nego prodire i u dubinu (Pervan, 2000).



Slika 12. Promjena boje na hrastovim lamelama

Drvo čija se površina suši prebrzo, što može biti u slučaju kada je zrak u sušionici presuh ili u slučaju kada su vanjski uvjeti takvi (ljetni mjeseci), bit će sklono grešci koja se zove skorjelost. Skorjelost je stanje kada postojeća naprezanja u drvu rastu s povećanjem razlike u sadržaju vode između vanjskog i unutrašnjeg sloja. Rezultat su površinske pukotine (obrnuta skorjelost) i odgovarajuća deformacija nakon što se drvo dalje raspili. Kada sadržaj vode padne ispod točke zasićenosti vlakana u vanjskim slojevima, otpočet će utezanje koje sprečava tok vode i smanjuje količinu koja dolazi iz unutrašnjih naprezanja (Pervan, 2000).

Za utvrđivanje gradijenta sadržaja vode u drvu izrađuju se uzorci. Njima provjeravamo naprezanja u drvu nakon sušenja. Uzorci koji se ispiljuju u obliku vilica. U ovisnosti da li je riječ o skorjelosti ili obrnutoj skorjelosti dolazi do deformacije vilica. Ukoliko se vilice deformiraju prema unutra, riječ je o skorjelosti (vanjski slojevi drva imaju manji sadržaj vode od unutarnjih), a ako se deformiraju prema van riječ je o obrnutoj skorjelosti (vanjski slojevi drva imaju veći sadržaj vode od unutarnjih).

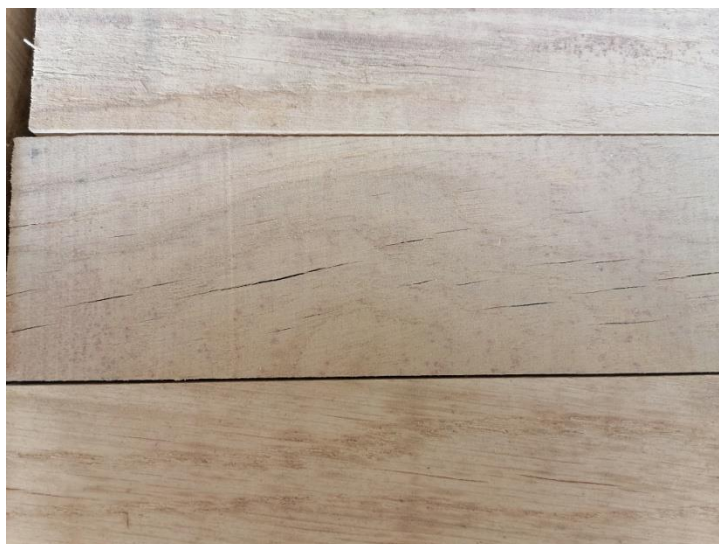


Slika 13. Prikaz uzoraka vilica za utvrđivanje skorjelosti

(izvor:<https://fi.cheapsaleonline2022.ru/content?c=case%20hardening%20wood&id=8>, 1.7.2022.)

Da bi se izbjegle površinske pukotine, ili da se što je više moguće smanji njihova pojava, potrebno je ispiljene piljenice što je prije moguće preraditi u finalnu dimenziju (okrajčene piljenice, elementi ili lamele). Dugim skladištenjem u nepovoljnim klimatskim uvjetima kao što su niska relativna vlaga zraka, visoka temperatura zraka i direktno djelovanje sunčevih zraka (proljeće i ljeto) na građu neizbježna je pojava površinskih pukotina. Ukoliko zbog procesa proizvodnje nije moguće odmah ispiliti građu u finalni proizvod, potrebno je pravilno skladištiti svježe ispiljenu građu. Za to se koriste nadstrešnice, pokrovi, mreže i slično. Umjetno sušenje također može izazvati površinske pukotine, pogotovo u početnim fazama sušenja, stoga je potrebno detaljno isplanirati i voditi režim sušenja.

Površinske pukotine mogu se pojaviti kao posljedica obrnute skorjelosti u slučaju presuhe klime u fazi zagrijavanja, na početku faze sušenja, s obzirom na to da su transverzna naprezanja koja se javljaju na površinskom sloju veća od naprezanja u ostalim slojevima. Ako postoji obrnuta skorjelost i ako se nastavlja sušenje, odstranjivanje vode nastavit će se stupnjevito i unutar drva, javit će se utezanje kada sadržaj vode padne ispod točke zasićenosti vlakanaca. Ako se prepozna na vrijeme, skorjelost se može spriječiti trenutačnim navlaživanjem i promjenom uvjeta zraka, kako bi se izbjegao nastanak ove vrste greške (Pervan, 2000).



Slika 14. Površinske pukotine na hrastovini

Osim površinskih pukotina, često se javljaju i čeone pukotine. Razlog pojave čeonih pukotina sličan je razlogu pojava površinskih pukotina. Neravnomjerno sušenje vanjskih i unutarnjih slojeva drva uzrokuje naprezanja te dolazi do pucanja građe. Do takvih grešaka dolazi vrlo brzo, jer poznato je da je provodnost, a tako i sušenje u longitudinalnom smjeru znatno veća nego u ostalim smjerovima drva. Da bi se to spriječilo, složajevi drvene građe trebali bi se slagati poprečno na smjer djelovanja prevladavajućih vjetrova, time se drvo štiti od ubrzanog sušenja. Osim toga, vrlo efikasan način sprječavanja čeonih pukotina jest premazivanje sredstvima za zaštitu čela na bazi sintetskih smola ili voska.



Slika 15. Čeone pukotine na hrastovim elementima

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Kolaps je greška drva kada su pojedine stanice smanjene (spljoštene) u toj mjeri tako da njihov lumen puno manji od normalnog ili ga čak nema. Kolaps se događa kada se drvo suši preoštrim režimom i na visokim temperaturama. Kolapsu su podložne vrste drva visoke gustoće (Denig i dr., 2000).

Greška kolapsa može se izbjeći sušenjem na nižim početnim temperaturama. Kada se greška ipak pojavi, može se otkloniti parenjem u trajanju 4 do 8 sati. Parenje daje nabolje rezultate kada je drvo postiglo sadržaj vode 15 do 20 %, s obzirom na to da drvo apsorbira najveći dio vode u tom području sadržaja vode. Unutarnje pukotine, koje se javljaju kao rezultat staničnog kolapsa ili skorjelosti, ne mogu se ukloniti. Pojavi kolapsa posebno su sklони eukaliptus, čempres i hrast te neke tropske vrste drva kao lauan, meranti i ramin (Pervan, 2000).



Slika 16. Prikaz kolapsa (spljoštenosti stanične stijenke) drva
(izvor: <https://www.nzffa.org.nz/specialty-timber-market/information-resources/sawmilling/softwoods/sawing-cedar/>, 2.7.2022.)

Promjene oblika drvene građe ne mora uvijek biti greška sušenja, ali i može biti. One mogu biti posljedica različitih naprezanja unutar drva ili zbog nepravilnog slaganja. Ako se elementi ili lamele izviju, odnosno deformiraju u obliku spirale, najveći razlog te greške jest tekstura tog elementa ili lamele, odnosno smjer vlaknaca. Vitoperenje je moguće spriječiti pravilnim slaganjem elemenata u složajeve te pravilnim „špangljanjem“. Građa koja se savije (sabljatost, izbočenost) ili koritavi, to može biti greška sušenja. Razlog tomu su različita naprezanja unutar drva te tekstura drva. Na smanjenje pojave grešaka deformacije oblika kod umjetnog

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

sušenja može utjecati postavljanje utega na složajeve, posebice kod lamela. Uzeti silom djeluju na lamele u složaju i sprječavaju pojavu deformacije oblika.



Slika 17. Vitoperenje hrastovih lamela uslijed nepravilnog slaganja složaja



Slika 18. Vitoperenje suhих hrastovih lamela

3.3.5 Uspješnost i kvaliteta sušenja

Sušionice kao grijane prostorije s mogućnošću regulacije potrebne temperature i relativne vlage zraka imaju veliku prednost pred prirodnim sušenjem: drvo se u njima može osušiti na željeni sadržaj vode, uz mogućnost kontrole procesa i uz minimalan udio grešaka (Krpan, 1965). Upotreba mjerne opreme i ostali uređaji u sušionici pridonose postizanju željenih rezultata sušenja koji daju sirovinu visoke kvalitete (Pervan, 1996).

Konstrukcija sušionice znatno utječe na tijek procesa sušenja. U pravilno konstruiranim i održavanim sušionicama rjeđe nastaju poremećaji osnovnih parametara sušenja. Dodatna oprema sušionice, odnosno mjerni i regulacijski uređaji (također su važan čimbenik kvalitete. Zadatak je opreme da omogući kontrolu većeg broja parametara, uz dovoljan broj mjerenja i jednostavnost korištenja (Pervan i Grbac, 1996).

Na kvalitetu i uspješnost sušenja osim karakteristika sušionica te stručnosti voditelja sušenja drva utječe i kvaliteta drvne sirovine. Sirovina loše kvalitete imat će lošije iskorištenje u odnosu na sirovinu bolje kvalitete. Kvrge i nepravilna tekstura kod sušenja lamela ima jako velik utjecaj na kvalitetu sušenja. Lamele su tanki piljeni listovi drva piljeni na debljine od oko 4 do 6,5 mm (u sirovom stanju) te su kao takve vrlo podložne promjenama oblika, što ima negativan utjecaj na kvalitetu sušenja.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1 Pilanska sirovina

Prema europskim normama HRN EN 1316-1:2012 hrastovi trupci se razvrstavaju u četiri klase kakvoće: A, B, C i D (Q-A, Q-B, Q-C i Q-D) sa podjelom na 10 debljinskih razreda i slijedećem opisu razreda kakvoće:

- Razred kakvoće A
-drvo prvorazredne kakvoće, prvenstveno prvi trupac čistog drva, bez grešaka ili s neznatnim greškama i nekoliko ograničenja pri uporabi
- Razred kakvoće B
-drvo prosječno dobre kakvoće, bez specifičnih zahtjeva za čistim drvom, kvрге su dopuštene u opsegu koji se smatra prosječnim za određenu vrstu
- Razred kakvoće C
-drvo prosječno niske kakvoće, dopušta sve značajke kakvoće koje ne umanjuju znatno prirodne značajke drva
- Razred kakvoće D
-drvo koje se može ispliti u iskoristvo drvo, ali koje zbog svojih značajki ne može ući niti u jedan drugi razred. Sve navedene značajke moraju se uzeti u obzir pri određivanju razreda kakvoće, a mjerenje se treba izvršiti u skladu s normama pr. HRN EN 1309-2, HRN EN 1310 i HRN EN 1311

Normom HRN EN 1315-1 Razvrstavanje po dimenzijama - 1 dio: Oblo drvo listača, općenito su propisani razredi promjera oblog drva listača. Ova norma predstavlja europsku normu koja je prihvaćena kao hrvatska norma u izvornom obliku. U tablici 3. dat je prikaz razvrstavanja oblog drva listača prema srednjem promjeru propisan ovom normom. Razvrstavanje po dimenzijama Razvrstavanje dimenzija će biti, bez obzira na dužinu, u razrede prema srednjem promjeru bez ili sa korom. Razvrstavanje bez kore se označava slovom D. Razvrstavanje s korom se označava slovom R. D ili R slovo određuje tip razreda. Ako se oblo drvo mjeri s korom, to bi trebalo biti dogovoreno ugovorom, uključujući odbitak na koru. Mogućnosti za odbijanja kore su npr.:

- dogovoreno smanjenje od promjera (srednji ili promjer na tanjem kraju);
- postotno smanjenje (%) od površine presjeka;
- korištenje uobičajenih regionalnih tablica za odbitak kore

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Tablica 15. Razvrstavanje oblog drva listača prema srednjem promjeru (HRN EN 1315-1)

Oznaka debljinskog razreda	Srednji promjer bez kore [cm]	Oznaka debljinskog razreda	Srednji promjer s korom [cm]
1	2	3	4
D 0	manje od 10	R 0	manje od 10
D 1a	10 – 14	R 1a	10 – 14
D 1b	15 – 19	R 1b	15 – 19
D 2a	20 – 24	R 2a	20 – 24
D 2b	25 – 29	R 2b	25 – 29
D 3a	30 – 34	R 3a	30 – 34
D 3b	35 – 39	R 3b	35 – 39
D 4	40 – 49	R 4	40 – 49
D 5	50 – 50	R 5	50 – 50
D 6	60 i više	R 6	60 i više
Daljnji razredi mogu se dodati iznad razreda 6 slijedeći isto stupnjevanje			

Tablica 16. Pravila razvrstavanja hrastova drva (HRN EN 1316-1:2012)

ZNAČAJKE	Razred			
	A	B	C	D ^{ci}
(1) Dimenzije				
Najmanja duljina	3m ^{b)}	3m ^{b)}	2m ^{b)}	2m ^{b)}
Najmanji srednji promjer bez kore (cm) ^{b)}	40 ^{d)}	35 ^{d)}	30 ^{d)}	20 ^{d)}
(2) Živić (ili ostatak grančice na kori) (komada/m)	1 na 3m	dopuštene	dopuštene	dopuštene
(3) Zdrave kvрге	1 na 3 m (≤ 2 cm)	1 na 1m (≤ 4cm) ili 1 na 3m (≤ 6cm)	dopuštene	dopuštene
(4) Trule kvрге (uključujući sljepice)	nije dopuštena	1 na 2 m (≤ 3 cm; ≤ 4 cm za sljepice)	nema ograničenja za kvрге ≤ 3 cm i sljepice ≤ 4 cm; 1 po 2 m ≤ 10 cm	dopuštene
(5) Skupina živića s izraslinom	nije dopuštena	1 na 2 m	dopuštene	dopuštene
(6) Zvezdasta paljivost	dopuštena u središnjoj petini promjera	dopuštena u središnjoj trećini promjera	dopuštena u središnjih 2/3 promjera	dopuštena
(7) Okružljivost	nije dopuštena	dopuštena u središnjoj četvrtini promjera na debljemu kraju	dopuštena na debljemu kraju	dopuštena
(8) Raspuklina na površini plašta	nije dopuštena	duljina raspukline mora biti manja od srednjeg promjer ^{d)}	duljina raspukline mora biti manja od dvostrukog srednjeg promjer ^{d)}	dopuštena
(9) Zimotrenost	nije dopuštena	nije dopuštena	nije dopuštena	dopuštena
(10) Bušotine insekata	nisu dopuštene	nisu dopuštene	dopuštene samo u bjeljici	dopuštene
(11) Bolest slova T	nije dopuštena	nije dopuštena	dopuštena	dopuštena
(12) Bijel (bjeljika)	≤ 3 cm	neograničena	neograničena	neograničena
(13) Širina goda	≤ 4 mm	neograničena	neograničena	neograničena
(14) Boja	homogena ^{b)}	nema zahtjeva	nema zahtjeva	nema zahtjeva
(15) Ekscentrično srce	≤ 10 %	≤ 20 %	neograničeno	neograničeno
(16) Usukanost	≤ 4 cm/m	≤ 7 cm/m	dopuštena	dopuštena
(17) Jednostruka zakrivljenost	≤ 2 cm/m	≤ 4 cm/m	≤ 10 cm/m	dopuštena
(18) Uklopljena bijel	nije dopuštena	nije dopuštena	nije dopuštena	dopuštena
(19) Trulež	nije dopuštena	dopuštena u bjeljici	dopuštena u bjeljici i u središnjoj četvrtini promjera	dopuštena
(20) Smeđa srž	nije dopuštena	nije dopuštena	dopušteno u središnjoj 1/3 promjera	dopuštena
Za druge značajke, kao što su npr. smeđe mrlje, smeđe pruge, eliptičnost, preporučuje se posebno ugovoriti ili propisati.				
^{a)} Ugovorne strane trebaju usuglasiti odbitke kore.				
^{b)} Osim članaka reguliranih ugovorom.				
^{c)} Pod uvjetom da je barem 80 % presjeka uporabljivo na cijeloj duljini.				
^{d)} Kad pukotina (raspuklina) zahvaća cijeli promjer, treba ugovoriti skraćenje duljine (bonifikaciju).				
^{e)} U slučaju bijele truleži, treba ugovoriti skraćenje duljine (bonifikaciju).				

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Uzevši u obzir dosada važeće hrvatske norme, pilanska sirovina se na hrvatske pilane doprema najčešće neokorana u obliku standardnih pilanskih trupaca i izvan-standardnih trupaca, odnosno oblog drva.

Standardni pilanski trupci su trupci koji su po svojoj kakvoći, dimenzijama i nekim drugim karakteristikama predodređeni za obradbu u pilanske proizvode na pilanama (tablica 6 i 7). Prema HRN-u postoje tri razreda kvalitete hrastovih trupaca za piljenje i to: I, II. i III. klasa sa podjelom na 7 debljinskih razreda (tablica 3). Dimenzije trupaca za piljenje ovise o dimenzijama i kvaliteti debla iz kojeg se izrađuju. Najmanja je duljina trupaca za piljenje 2 m, a najmanji promjer na polovici duljine trupca 25 cm (trupci II. i III. klase).

Tablica 17. Prikaz načina razvrstavanja pilanskih trupaca po kvaliteti i promjeru (HRN D. B0. 022)

Debljinski razredi i podrazredi [cm]	Klase kvalitete trupaca			Tanka oblovina*
	I.	II.	III.	
1a				≤ 14
1b				15-19
2a			20-24	20-24
2b		25-29	25-29	
3a	30-34	30-39	30-34	
3b	34-39	35-39	35-39	
4a	40-44	40-44	40-44	
4a	45-49	45-50	45-49	
5	50-59	50-59	50-59	
6	60 i više	60 i više	60 i više	

*pod pojmom tanke oblovine podrazumijeva se oblo drvo promjera 14 do 24 cm

Opći uvjeti:

TRUPCI I. klase

Trupci I. klase moraju biti zdravi, pravi, pravih vlakana, jedri, bez napuklina, raspuklina, kvrga, zimotrenosti, okružljivosti i bušotina od insekata. Dozvoljene greške:

1. zdrave kvržice i male kvрге, do 20 mm, neograničeno;
2. zdrave srasle kvрге veličine do 15 % srednjeg promjera trupca, po jedna na tekući metar;
3. po jedna sljepica na dva tekuća metra;
4. po jedna raspuklina na jednom ili na oba čela ukupne duljine srednjeg promjera trupca;
5. bušotine od velikog crva, jedna na svaka dva metra i od mušica do 3 na tekući metar, ukoliko ne zalaze u srčiku;
6. jednostrana zakrivljenost; visina luka do 3 % od duljine trupca;
7. mala usukanost;
8. koničnost, do 4 % od promjera na debljem kraju;
9. žljebovitost, dubine do 5 % promjera trupca na tanjem kraju trupca;
10. eliptičnost, neograničena

11. sve greške u srcu, do 20 % promjera trupca, bez bonifikacije;
12. za hrastovinu, bijeljika s napuklinama, prešla, natrula i mušičava,
13. djelomična povreda kore pri manipulaciji i transportu;
14. srednja usukanost;
15. ekscentrično srce.

Na jednom trupcu mogu biti najviše 4 od nabrojanih grešaka.

TRUPCI II. klase

Opći uvjeti: U pogledu vanjskog izgleda, važi isto što je rečeno za trupce I. klase. Dozvoljene greške:

1. zdrave srasle kvržice, male i srednje kvрге, do 40 mm promjera, neograničeno;
2. zdrave kvрге, veličine do 1/4 srednjeg promjera trupaca po jedna na tekućem metru;
3. sljepice visine bradavice na kori, do 4 cm (kvрге od grana debljine do 2 cm) neograničeno, a veće sljepice po jedna na tekućem metru;
4. sve greške u srcu, do 1/4 srednjeg promjera, bez bonifikacije;
5. raspukline na jednom ili oba čela trupaca, do duljine srednjeg promjera;
6. jednostrana zakrivljenost; visina luka do 4 % duljine trupca;
7. eliptičnost, neograničena;
8. koničnost, do 6 % većeg promjera;
9. srednja usukanost;
10. bušotine od velikog crva, po jedna na tekućem metru;
11. bušotine od mušica, po tri na tekućem metru, ukoliko ne ulaze u srčiku;
12. žljebovitost, do dubine 10 % srednjeg promjera;
13. zagušenost sa oba čela, ukupno do 10 % duljine trupca;
14. za hrastovinu, bijeljika sa napuklinama, prešla, natrula i mušičava.

Na jednom trupcu može biti najviše 6 od nabrojanih grešaka.

TRUPCI III. klase

Trupci za rezanje III. klase mogu imati greške koje su veće od dozvoljenih za II. klasu, ali ograničene sljedećim dozvoljenim greškama:

1. zdrave, male i srednje kvрге, neograničeno;
2. na svakom tekućem metru po 2 zdrave kvрге veličine do 30 % srednjeg promjera trupca;
3. sljepice visine bradavice na kori do 4 cm (kvрге od grana debljine do 2 cm) neograničeno, a veće sljepice po 2 na tekući metar;
4. greške u srcu, do 50 % srednjeg promjera bez bonifikacije;
5. raspukline na jednom ili oba čela trupca, do dvostruke duljine srednjeg promjera trupca;
6. jednostrana zakrivljenost, visina luka do 5 % duljine trupca;
7. eliptičnost, neograničena;

8. koničnost do 10 % većeg promjera;
9. usukanost velika; dvostruko srce;
10. bušotine od velikog crva ili mušice, do 5 na tekući metar;
11. žljebovitost, neograničena;
12. zagušenost s oba čela, do 15 % duljine i 2 cm dubine po obimu.

Na jednom trupcu može biti najviše 6 od nabrojanih grešaka.

Za potrebe istraživanja raspiljivani su pilanski trupci nabavljeni iz uprave šuma Bjelovar, razvrstani prema hrvatskim normama u I. II. i III. klasu kvalitete. Na svim trupcima izmjereni su srednji promjer i duljina sukladno normi HRN EN 1309-2. Na temelju ovih parametara izračunat je volumen prema izrazu:

4.2 Tehnologija izrade lamela

Tehnologija izrade lamela počinje dopremom pilanskih trupaca I., II. i III. klase na stovarište. Stovarište je područje u krugu poduzeća gdje se preuzimaju i skladište trupci koji se koriste za daljnju preradu. Trupci na stovarištu mogu biti poredani po klasama, duljinskim ili razredima promjera, ili mogu biti složeni „po napadu“, odnosno kako sirovina dolazi, tako se i slaže. Sirovina se na stovarištu najčešće preslaguje pomoću kranskih dizalica (portalnih granika). Sa presloženih složajeva (sura) trupci se transportiraju na valjčani konvejer koji dovodi trupce na okoravanje. Tokom proljetnog i ljetnog, a često i jesenskog dijela godine, trupci se navlažuju pomoću prskalica. Tako se trupci štite od daljnjeg raspucavanja i bitnije, štite se od utjecaja bioloških nametnika. Poznato je da za razvoj plijesni i ksilofagnih gljiva moraju biti odgovarajući uvjeti. Temperatura zraka mora biti minimalno 15°C, a sadržaj vode u drvu 20-40%. Ti uvjeti su prirodno lako ostvarivi tokom navedenih mjeseci u godini te je drvo vrlo sklono razvoju bioloških nametnika, a samim time i propadanju.



a)



b)

Slika 19. a) Prikaz dijela stovarišta; b) Prskalice za navlaživanje sirovine

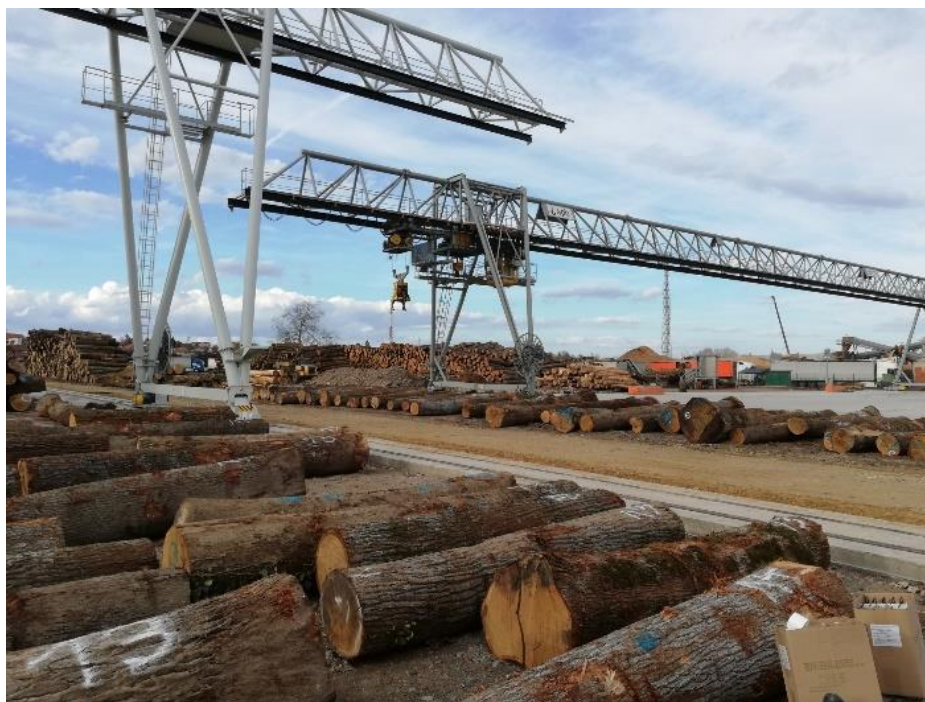
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Prskanjem vodom po pilanskoj sirovini sadržaj vode se uvijek drži iznad granice optimalnog za razvoj bioloških nametnika te je njihov razvoj nemoguć, a samim time drvo se osiguralo od njihovog djelovanja.

Nakon što je trupac postavljen na lančani transporter, doprema se do guljača kore radi na principu da se trupac okreće oko svoje osi, a fleksibilni agregat sa specijalnom glodalicom ima pomak po dužini trupca te prilikom prolaska skida koru. Skidanje kore vrlo je važna stavka u pripremi trupca prije piljenja jer se tim postupkom uklanja zaostalo kamenje i zemlja u kori koje je nastalo prilikom vuče trupaca u šumi. Time se produljuje životni vijek pile te se sveukupno ubrzava proces piljenja trupaca.



Slika 20. Utovarivač sa specijalnim hvatalom za trupce



Slika 21. Portalni granici



Slika 22. Guljač kore

Nakon što je trupcu skinuta kora, doprema se do tračne pile trupčare. Pilansko postrojenje prvo je postrojenje u proizvodnji lamela. Sastoji se od dvije tračne pile trupčare promjera kotača 1600 mm (Primultini 1600) te kružnih pila za poprečno i uzdužno krojenje (Mebor). Tračne pile trupčare su opremljene jednostranim prizmatskim iveračem (tzv. kanter) te se njime povećava kapacitet piljenja i

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

kompleksno iskorištenje jer se okorak ne pili nego ivera. Pili se načinom piljenja u cijelo. Piljenice se pile na debljinu od 32 mm. Nakon što su piljenice ispiljene one se transportiraju valjčanim transporterima na mjesta gdje ih radnici sortiraju u doradnu ili podnu dasku. Za proizvodnju lamela koristi se podna daska. Doradna daska odlazi u doradno postrojenje te se izvlače elementi različitih dimenzija, najčešće za poznatog kupca. Podna daska kroji se na liniji Mebor na određene dimenzije s nadmjerama. Iz dobivenih piljenica pile se lamele takozvanom „fresh cut“ metodom. To je piljenje sirove piljenice u lamele, koje nakon toga idu u sušare na proces sušenja. Dimenzije lamela na koje se bazira istraživački dio ovog rada jesu 2215x205x3,9 mm (klase ABCD i Rustik) i 1180x160x3,1 mm. Piljenice iz kojih se izrađuju navedene dimenzije lamela jesu dimenzija 2350x245x32 i 1350x185x32 mm. Bruto debljina lamela za dimenzije 2215x205x3,9 jest 5,2 mm za ABCD klasu te 6,3 mm za klasu Rustik, dok debljina na koju se pili dimenzija 1180x160x3,1 iznosi 4,1mm. Nakon sirovog piljenja lamela, one se slažu u složajeve na paletu. Između svakog reda lamela nalaze se aluminijske špangle koje su poredane na svakih 15-17 centimetara po dužini lamela. Aluminijske špangle povoljno utječu na sušenje jer je olakšan protok zraka u komori sušionice. Pošto su aluminijske, nema diskoloracija lamela zbog puštanja boja kao kog drvenih špangli različitih vrsta drva.



Slika 23. Aluminijske letvice („špangle“) u složaju lamela

Komore sušionica pune se viličarom u četiri reda. Duljina trajanja sušenja ovisi o početnom sadržaju vode u lameli te još više o debljini lamele. Lamele debljine 6,3 mm dimenzija 2215x205 mm za klasu Rustik suši se 8 do 9 dana. Lamele debljine 5,2 mm istih dimenzija za klasu ABCD suši se oko 6 do 7 dana, dok se lamele debljine 4,1 mm dimenzija 1180x160 mm suše 4 do 5 dana. Nakon sušenja lamele se preslaguju u složajeve bez aluminijskih letvica iz više složajeva u jedan složaj. Nakon preslagivanja takvi složajevi lamela bez aluminijskih letvica transportiraju se viličarom u pogon finalne proizvodnje. Nakon što su paketi lamela dopremljeni u pogon finalne proizvodnje počinje njihova završna obrada. Ta obrada počinje čeonim glodanjem na „Rotolesu“. Čeonim glodanjem debljina lamele dovodi se na konačnu dimenziju, u slučajevima za lamele dimenzija 1185x160 mm na debljinu od 3,1 mm, te za lamele dimenzija 2215x205 mm na debljinu 3,9 mm.



Slika 24. Stroj za čeono glodanje „Rotoles“

Nakon što je debljina lamele dovedena na konačnu, linijski slijedi krojenje lamele na završnu širinu. U slučajevima koje se prate u ovom diplomskom radu, to su širine 160 mm i 205 mm. Stroj kojim se kroje lamele po širini jest dvostrani profiler. On radi na način da ima na dvije strane položenu glavu sa glodalima. Prolaskom lamela ta glodala skidaju nadmjeru od širine lamele i dovode je do gotove dimenzije.



Slika 25. Dvostrani profiler za krojenje na konačnu širinu lamele

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Poslije prolaska kroz dvostrani profiler, lamela dolazi do dvostrane kružne pile, ili kolokvijalno rečeno do „dvostranog štucera“, odnosno pile za egaliziranje. Na dvostranoj kružnoj pili lamela se kroji na konačnu dužinu. Ona poprečno dolazi na dvije paralelno postavljene kružne pile čiji se razmak podešava ovisno o završnoj duljini lamele. Kada je lamela iskrojena u sve tri dimenzije (debljinu, širinu i duljinu) dolazi do stola za klasiranje gdje radnice klasiraju po unaprijed zadanim klasama koje će detaljnije biti opisane u cjelini 4.4.



Slika 26. Dvostrana kružna pila za krojenje lamela po duljini

4.3 Sušenje lamela

Sušenje lamela je umjetni proces gdje se lamele drže pod kontroliranim klimatskih uvjetima radi reguliranja (smanjenja) sadržaja vode na zahtijevani, a da se pri tome ne narušava kvaliteta. Lamele poslagane u složajevе, u kojima se između svakog reda nalaze aluminijske špangle poredane na svakih 15 do 17 centimetara po duljini lamela viličarom se transportiraju do komora sušionica. U komoru se slažu četiri reda u dubinu kod bilo koje dimenzije. Što se tiče broja redova u visinu on je također fiksna i uvijek iznosi tri složajeva u visinu, bez obzira kod koje se dimenzije radi. Razlika u slaganju složajeva lamela jest u širinu komore sušionice. Broj složajeva kod dimenzija 2215x205 u širinu iznosi tri, dok dimenzija 1180x160 broj složajeva u širinu iznosi 6. Dakle, puna komora kod većih dimenzija lamela koje se prate u ovome radu sadrži 36 paleta lamela, dok kod manje dimenzije taj broj iznosi 72.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Tablica 18. Prikaz broja paketa lamela u punoj sušionici

Dimenzija lamela	Broj paketa u visini	Broj paketa u dubini	Broj paketa u širini	Ukupan broj paketa
2215x205x6,3 Rustik	3	4	3	36
2215x205x5,2 ABCD	3	4	3	36
1180x160x4,1	3	4	6	72

Tokom faze sušenja parametri koji se prate unaprijed su zadani po fazama sušenja. Faze sušenja ovise o sadržaju vode, najčešće je referenca za sadržaj vode sonda koja prikazuje najveći realan sadržaj vode. Faze se razlikuju osim po sadržaju vode u lameli i po zadanom EMC-u (vlaga ravnoteže u komori), odnosno stupnju sušenja jer je on odnos sadržaja vode u drvu i zadanog EMC-a. Stupanj sušenja postupno se povećava što se sadržaj vode više približuje konačnom zadanom. Stupanj sušenja povećava se tako kad se smanjuje sadržaj vode u drvu, još se više smanjuje EMC. Zadnja faza kod umjetnog sušenja kako drvenih elemenata, tako i drvenih lamela jest faza kondicioniranja. Ta je faza određena vremenskim periodom u kojem će se držati lamele pod određenom, zadanom vlagom ravnoteže sušionice. Tom fazom izjednačava se sadržaj vode unutar lamele te unutar lamela u sušionici. Primjerice, bez te faze neke bi lamele bile unutar tolerancija sadržaja vode, dok bi velik dio (velik dio u odnosu na kondicionirane lamele) bio izvan te tolerancije te ne bi zadovoljavale uvjete za upotrebu. Dimenzije lamela koje se prate kod istraživanja za ovaj diplomski rad trebaju imati konačan sadržaj vode od $6,6 \pm 0,4$ %. Ukoliko nakon proba lamele jesu unutar tolerancija, složajevi lamela mogu van iz komore. One se prazne također viličarom, kao i što se pune. Vrsta komore u kojoj se suše lamele jesu klasične komorne sušionice. Sušionice su vođene automatikom proizvođača sušionica, u ovom slučaju tvrtke Incoplan.



Slika 27. Klasične komorne sušionice



Slika 28. Automatika sušionice

4.4 Razvrstavanje lamela

Nakon obrade lamele, dolazi posljednja faza u proizvodnji lamela, a to je klasiranje, odnosno razvrstavanje lamela. Klase lamela ovise o boji, teksturi, kvrgama, truleži, prisutnosti srca, čeonim pukotinama i različitim greškama koje će biti navedene u slijedećim tablicama. Kod dimenzije 1185x160x3,1 postoje tri klase, a to su: ABC, ABC boja i NATUREL. Kod dimenzije lamela 2215x205x3,8 postoji ukupno 7 klasa: NATUR 20, MIX 20, COUNTRY 20, COUNTRY++ 20, Z2 PUKLO, ZX i MUŠICA.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Tablica 19. Opis klasa za dimenziju lamela 1185x160x3,1

	ABC	ABC BOJA	NATUREL
TEKSTURA	nije dopuštena gruba tekstura i flader	bez ograničenja	bez ograničenja
VARIJACIJE BOJE	dopušteno lagano odstupanje u boji	dozvoljeno bez ograničenja	velika varijacija boje, fleke od vode
DISKOLORACIJA	dopušteno lagano odstupanje u boji	dozvoljeno bez ograničenja	velika varijacija boje, fleke od vode
BJELJIKA	napomena 1.	napomena 1.	bijela/siva 20 mm cijelom dužinom
SRCE	nije dozvoljena	nije dozvoljena	nije dozvoljeno
ŠPIGL	bez ograničenja	bez ograničenja	bez ograničenja
OŠTEĆENJA OD INSEKATA	nije dozvoljena	nije dozvoljena	nije dozvoljena
TRULEŽ	nije dozvoljena	dozvoljena ali čvrsta	nije dozvoljeno
RUBNA DISKOLORACIJA	nije dozvoljena	dozvoljeno bez ograničenja	dozvoljeno, tamni rubovi
URASLA KORA	napomena 2.	napomena 2.	max 40x3 mm 3 kom
ZDRAVE KVRGE	kvrge u boji drveta do 15mm, 3kom, razbacane po lameli	kvrge u boji drveta do 15mm, 3kom, razbacane po lameli	kvrge u boji drveta do 25 mm, 3 kom
CRNE KVRGE	napomena 3.	napomena 3.	max 25 mm, 3 kom, razbacano po lameli
ŠUPLJE KVRGE	napomena 4.	napomena 4.	max 25 mm, 3 kom, razbacano po lameli
RASPUKNUTE KVRGE	pukotina do 3 mm u kvrgi do 15 mm u boji drva 1kom	pukotina do 3 mm u kvrgi do 15 mm u boji drva 1kom	do 25 mm, 3 kom, razbacano po lameli
MAČIJA ŠAPA	2 kom, udaljene min 1/2 dužine lamele	2 kom, udaljene min 1/2 dužine lamele	max 3 kom, razbacano po lameli
RUBNE KVRGE	nije dozvoljena	nije dozvoljena	dozvoljeno, 2 kom, (zdrava..)
	kvrge udaljena 5 mm od ruba smatra se kvrgom, kvrga udaljena 15 mm od čela lamele smatra se kvrgom a ne rubnom kvrgom		
ČEONE PUKOTINE	zatvorene do 100mm	zatvorene do 100mm	ravne, 2 kom zbrojene max 100 mm na lameli ,širina do 3 mm
BOČNE PUKOTINE	zatvorena do 10mm	zatvorena do 10mm	zatvorena do 15 mm
POVRŠINSKE PUKOTINE	nije dozvoljena	nije dozvoljena	max 40 mm x 4 mm širine, 2 kom
OKRUŽLJIVOST	nije dozvoljena	nije dozvoljena	nije dozvoljena

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Tablica 20. Opis klasa za dimenziju lamela 2215x205x3,8

1-STRIP HRAST	NATUR 20	MIX 20	COUNTRY 20	COUNTRY++ 20	Z2 PUKLO	ZX	MUŠICA
TEKSTURA	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	nema ograničenja	dozvoljeno	nema ograničenja	dozvoljeno
VARIJACIJA BOJE	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno
DISKOLORACIJA	umjereno dopušteno	plava ili crna nije dozvoljena	dozvoljeno	dozvoljeno	umjereno dopušteno	dozvoljeno	plava ili crna nije dozvoljena
BJELJIKA	nije dozvoljeno	20mm x 600mm ili 10mm cijelom dužinom	dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	20mm x 600mm ili 10mm cijelom dužinom
SRCE	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	zdrava do 500mm	dozvoljeno (do 1m dužine, može biti više komada ali zbrojeno do 1m)	nije dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno
ŠPIGL	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno
OŠTEĆENJE OD INSEKATA	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	max 5 rupa, 5mm širine, 1/lameli	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno
TRULEŽ	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	500mm, smeđa, čvrsta	umjereno dozvoljeno smeđa čvrsta	nije dozvoljeno	umjereno dozvoljeno smeđa čvrsta	nije dozvoljeno
RUBNA DISKOLORACIJA	nije dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	dozvoljeno
URASLA KORA	nije dozvoljeno	5mm x 300mm, max 1/lameli	10mm x 500mm max 1 kom, više manjih do 500mm	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	5mm x 300mm, max 1/lameli
ZDRAVE KVRGE	do ø 20mm, max. 2/lameli	do ø 60mm, max. 3/lameli	dozvoljeno	dozvoljeno	do ø 20mm, max. 2/lameli	dozvoljeno	do ø 60mm, max. 3/lameli
CRNE RUPE/RUPE OD KVRGA	do ø 5mm MAX	do ø 5mm, max. 10/lameli, do ø 40mm, max 3/lameli ili 1/1m	do 70mm, 3 kom	dozvoljeno promjer 150mmx50mm	do ø 5mm MAX	dozvoljeno	do ø 5mm, max. 10/lameli, do ø 40mm, max 3/lameli ili 1/1m
RASPUKNUTE KVRGE	10MM MAX	do ø 60mm, max. 5/lameli ili 1/1 m dužinom	do 70mm, 3 kom	dozvoljeno	10MM MAX	dozvoljeno	do ø 60mm, max. 5/lameli ili 1/1 m
MAČJA ŠAPA	nije dozvoljeno	5 max / lameli, razbacane	bez ograničenja	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	5 max / lameli, razbacane
RUBNE KVRGE	nije dozvoljeno	zdrava do 20mm, rupa od kvrge 10mm	zdrava do 50mm, rupa od kvrge do 50mm	dozvoljeno do 50mm	nije dozvoljeno	DOZVOLJE NO	zdrava do 20mm, rupa od kvrge 10mm
do 3mm od ruba smatra se rubnom kvrgom, više od 3mm od ruba smatra se kvrgom							
ČEONE PUKOTINE	nije dozvoljeno	1 strana 300mm, 2 strana 150mm, širine 2mm	1 strana max 600mm, dvostrana 300mm, širine 5mm i više	dozvoljeno 50mmx1000mm (da se može špahtlom kitati)	dozvoljene	dozvoljeno	1 strana 300mm, 2 strana 150mm, širine 2mm
BOČNE PUKOTINE	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	do 300mm zbrojno 1strana i 1 čeona	dozvoljeno (širina do 10mm)	nije dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno
POVRŠINSKE PUKOTINE	nije dozvoljeno	1mm x 150mm, 1/lameli	dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno	1mm x 150mm, 1/lameli
OKRUŽLJIVOST	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	nije dozvoljeno	dozvoljeno umjerena	nije dozvoljeno	dozvoljeno	nije dozvoljeno

4.5 Uspješnosti piljenja i greške sušenja

Uspješnost piljenjatrupaca u elemente i lamelei svi drugi volumni odnosi pri pretvaranju drvnog materijala niže faze obrade u višu fazu obrade biti će prikazane preko pokazatelja kvantitativnog iskorištenja trupaca. Pratiti će se odnosi volumena izrađenih elemenata odnosno lamela naspram raspiljenih trupaca, odnosno odnosi izrađenih lamela naspram elemenata izrazu:

$$Im = \frac{V_{v.f.o.}}{V_{n.f.o.}}$$

Im = kvantitativno iskorištenje

$V_{v.f.o.}$ = volumen piljenica, elemenata ili lamelaviše faze obrade, m³

$V_{n.f.o.}$ = volumen trupaca, piljenica, elemenata ili lamela niže faze obrade, m³

Pojavnost grešaka sušenja biti će praćena vizualno prilikom razvrstavanja lamela te prikazana prema učestalosti na lamelama.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

5.1 Podaci o trupcima

U svrhu istraživačkog dijela ovog diplomskog rada korišteni su trupci I., II. i III. pilanske klase. Trupci su bili razvrstani prije obrade u tri različite sure, u svakoj suri bila je jedna klasa. Trupci su se obrađivali u smjenama na tračnim pilama trupčarama, prva smjena pilila je I. pilansku klasu, druga smjena II. pilansku klasu, dok je treća smjena pilila III. pilansku klasu. Ulaz trupaca kod I. pilanske klase bio je 123 komada, prosječnog volumena 0,42 m³. Ulaz trupaca II. i III. što se tiče broja komada bio je jednak, on je iznosio 168 trupaca, prosječnog volumena 0,36 m³ kod II. pilanske klase i 0,33 m³ kod III. pilanske klase trupaca. Ukupna količina ulaza trupaca I. pilanske klase bila 52,20 m³, II. pilanske klase 60,51 m³, dok je ulaz III. pilanske klase iznosio 55,15 m³. Deskriptivna statistička obrada dimenzija trupaca prikazana je u tablicama 21. do 23.

Tablica 21. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca I. klase

Podaci otrupcima I. klase					
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Max.	Aritm. sred.
Ds	cm	123	25	57	41
Lt	m	123	2,57	4,80	3,69
Vt	m ³	123	0,120	1,200	0,420

Tablica 22. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca II. klase

Podaci otrupcima II. klase					
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Max.	Aritm. sred.
Ds	cm	168	27	61	44
Lt	m	168	2,21	5,42	3,73
Vt	m ³	168	0,102	1,580	0,360

Tablica 23. Deskriptivna statistička obrada izmjerenih trupaca III. klase

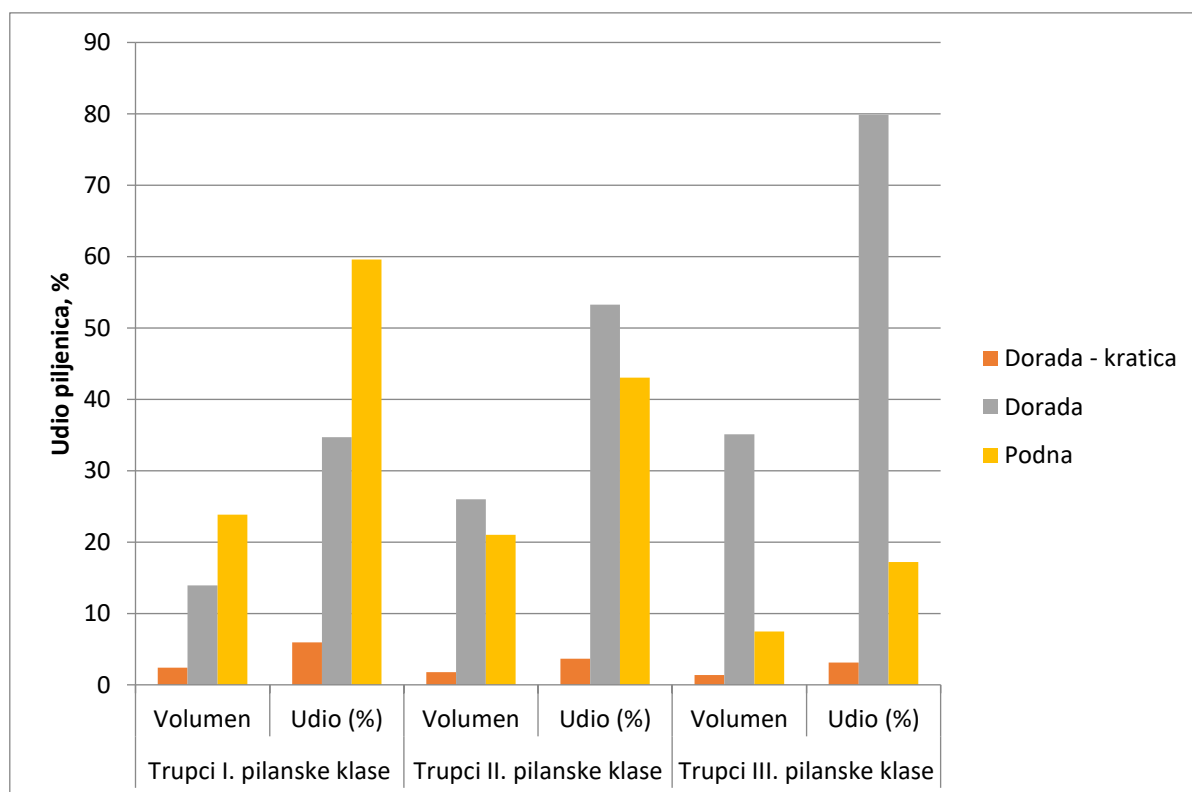
Podaci otrupcima III. klase					
Oznaka	Mj. jed.	N	Min.	Max.	Aritm. sred.
Ds	cm	168	23	58	40,5
Lt	m	168	2,63	5,87	4,25
Vt	m ³	168	0,110	1,500	0,330

5.2 Podaci o piljenicama i elementima te uspješnost piljenja

Trupci su na tračnoj pili trupčari raspiljeni u piljenice. Te se piljenice dijele na doradne kratice, doradne i podne piljenice (tablice 24. do 27. i slika 29.). Iz podne piljenice pretpostavka je da će se najviše iskoristiti za proizvodnju lamela, iz doradne piljenice proizvode se elementi određenih dimenzija za poznatog kupca te ukoliko je moguće izrade se i elementi većih dimenzija iz kojih će se naknadno piliti lamele. Veća kvaliteta trupca trebala bi osigurati veću količinu kvalitetnijih piljenica, odnosno odnos podne i doradne piljenice trebao bi biti na strani podne piljenice. Osim kvalitete trupca veliku ulogu u osiguravanju piljenica dovoljne kvalitete za izradu lamela ima i promjer trupaca, odnosno širina piljenica. Ukoliko je promjer trupaca manji negoli nominalna širina piljenice iz koje se izrađuju lamele, odmah će iskorištenje biti manje, pogotovo u slučaju istraživanja za ovaj rad jer se istražuju samo dva širinska razreda lamela.

Tablica 24. Prikaz udjela piljenica izrađenih iz trupaca I., II i III. pilanske klase

Vrsta proizvoda	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Udio (%)	Volumen (m ³)	Udio (%)	Volumen (m ³)	Udio (%)
Dorada-kratica	2,4	5,97	1,797	3,68	1,36	3,1
Dorada	13,946	34,71	26,007	53,26	35,08	79,88
Podna	23,835	59,57	21,027	43,06	7,475	17,22
Ukupno	40,181	100	48,831	100	43,915	100



Slika 29. Prikaz udjela piljenica izrađenih iz trupaca I., II i III. pilanske klase

Tablica 25. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca I. pilanske klase

Trupci I. pilanske klase		
Paket broj	Vrsta paketa	Volumen (m ³)
1	Dorada- kratica	1,260
2	Podna	0,750
3	Podna	0,590
4	Podna	0,209
5	Podna	1,320
6	Podna	1,320
7	Podna	1,320
8	Podna	1,320
9	Podna	1,320
10	Podna	0,750
11	Podna	1,320
12	Podna	1,446
13	Podna	0,392
14	Podna	0,190
15	Podna	0,428
16	Dorada	1,375
17	Dorada	1,375
18	Dorada	1,375
19	Dorada	1,375
20	Dorada	1,375
21	Dorada	1,571
22	Dorada- kratica	1,140
23	Podna	0,890
24	Podna	0,500
25	Podna	0,400
26	Podna	1,320
27	Podna	1,320
28	Podna	1,320
29	Podna	1,320
30	Podna	0,750
31	Podna	0,750
32	Podna	0,960
33	Podna	1,630
34	Dorada	1,375
35	Dorada	1,375
36	Dorada	1,375
37	Dorada	1,375
	Ukupno:	40,181 m³

Tablica 26. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca II. pilanske klase

Trupci II. pilanske klase		
Paket broj	Vrsta paketa	Volumen (m ³)
1	Dorada - kratica	0,542
2	Dorada - kratica	0,533
3	Podna	1,265
4	Podna	1,265
5	Podna	0,750
6	Podna	0,750
7	Podna	1,265
8	Podna	1,265
9	Podna	0,500
10	Podna	0,750
11	Podna	0,750
12	Podna	0,345
13	Podna	0,171
14	Dorada	1,375
15	Dorada	1,375
16	Dorada	1,375
17	Dorada	1,375
18	Dorada	1,375
19	Dorada	1,375
20	Dorada	1,375
21	Dorada	1,375
22	Dorada	1,375
23	Dorada	1,257
24	Dorada - kratica	0,722
25	Podna	1,265
26	Podna	1,265
27	Podna	0,750
28	Podna	1,265
29	Podna	1,265
30	Podna	0,750
31	Podna	0,750
32	Podna	1,265
33	Podna	1,265
34	Podna	0,299
35	Podna	0,547
36	Podna	1,265
37	Dorada	1,375
38	Dorada	1,375
39	Dorada	1,375
40	Dorada	1,375
41	Dorada	1,375
42	Dorada	1,375
43	Dorada	1,375
44	Dorada	1,375
45	Dorada	1,375
	Ukupno:	48,831 m³

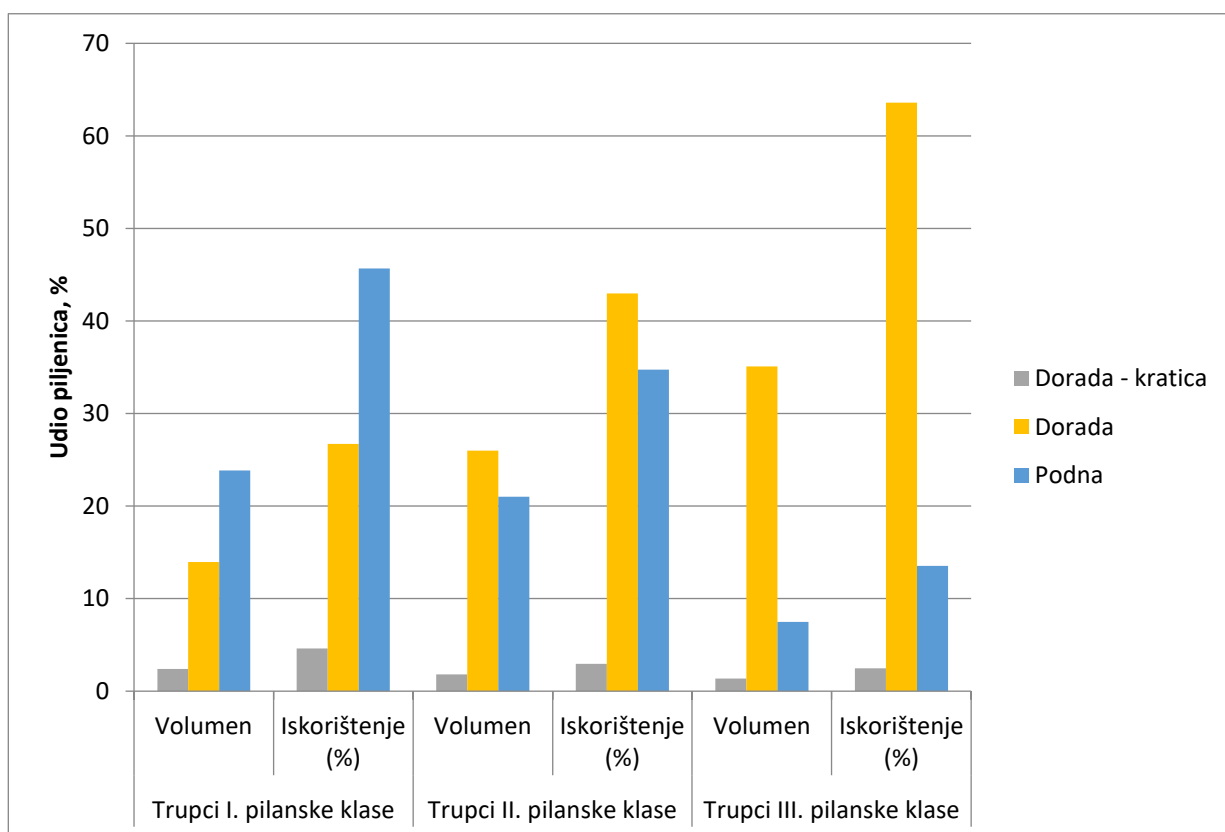
Tablica 27. Prikaz izlaza piljenica izrađenih iz trupaca III. pilanske klase

Trupci III. pilanske klase		
Paket broj	Vrsta paketa	Volumen (m ³)
1	Dorada - kratica	0,550
2	Dorada - kratica	0,810
3	Dorada	1,650
4	Dorada	1,540
5	Dorada	1,485
6	Dorada	1,485
7	Dorada	1,650
8	Dorada	1,485
9	Dorada	1,540
10	Dorada	1,485
11	Dorada	1,595
12	Dorada	0,870
13	Podna	0,715
14	Podna	1,210
15	Podna	0,735
16	Podna	0,240
17	Podna	0,180
18	Podna	0,440
19	Dorada	1,375
20	Dorada	1,485
21	Dorada	1,485
22	Dorada	1,320
23	Dorada	1,430
24	Dorada	1,595
25	Dorada	1,430
26	Dorada	1,375
27	Dorada	1,485
28	Dorada	1,540
29	Dorada	1,430
30	Dorada	1,375
31	Dorada	1,485
32	Dorada	1,485
33	Podna	0,750
34	Podna	0,760
35	Podna	1,210
36	Podna	0,695
37	Podna	0,120
38	Podna	0,270
39	Podna	0,150
	Ukupno:	43,915 m³

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 28. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi piljenica

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,2		60,51		55,15	
Dorada - kratica	2,4	4,6	1,797	2,97	1,36	2,47
Dorada	13,946	26,72	26,007	42,98	35,08	63,61
Podna	23,835	45,66	21,027	34,75	7,475	13,55
Ukupno piljenice	40,181	76,98	48,831	80,7	43,915	79,63



Slika 30. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca pri izradi doradnih i podnih piljenica

Iz tablice 28. i slike 30. vidljiva su kvantitativna i kvalitativna iskorištenja hrastovih pilanskih trupaca u piljenice. Ukupna iskorištenja iznose od 77 do 80 %. Interesantno je da je kvantitativno iskorištenje trupaca III. pilanske klase veće nego kod I. pilanske klase. S obzirom da se proizvodnja bazira na izradu lamela, ipak taj podatak nije pokazatelj kvalitativne vrijednosti. Za proizvodnju lamela cilj je pridobiti što je više moguće kvalitetnih piljenica, odnosno podnih piljenica iz kojih će se izrađivati lamele. Po tom pitanju najbolje iskorištenje imaju trupci I. pilanske klase sa 45,66 % volumena podne daske u odnosu na ulazni volumen trupaca. Trupci II. pilanske klase imaju 34,75 % volumena podne daske u odnosu na ulazni volumen trupaca, dok trupci III. pilanske klase imaju tek 13,55 % iskorištenja u podnu dasku.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Ovaj podatak bolji je pokazatelj iskorištenja za lamele nego kvantitativni, gdje trupci III. pilanske klase imaju veće iskorištenje od trupaca I. pilanske klase.

Doradne piljenice nakon razvrstavanja transportiraju se viličarom u doradni pogon. Tamo se iz takvih piljenica izrađuju elementi određenih i unaprijed dogovorenih dimenzija za poznatog kupca ili čak u najboljem slučaju piljenice iz kojih se pile lamele.

Tablica 29. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca I. pilanske klase

I. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volumen (m ³)
530x85x32 A	606	0,874
530x58x32 BC	430	0,620
530x85x32 MUŠICA	239	0,345
385x85x32 SELECT	2056	2,153
385x85x32 BC	957	1,002
385x85x32 D	282	0,295
330x85x32 A	611	0,548
330x85x32 BC	124	0,111
330x85x32 D	172	0,154
330x85x32 MUŠICA	57	0,051
520x56x32 AB	151	0,141
520x56x32 CD	137	0,128
520x56x32 D	64	0,060
320x56x32 AB	268	0,154
320x56x32 CD	144	0,083
320x56x32 D	67	0,038
530x72x32 AB	152	0,186
530x72x32 CD	101	0,123
530x72x32 D	69	0,084
180x85x32 ABC	1637	0,801
180x56x32 ABC	571	0,184
180x72x32 ABC	322	0,134
180x44x32 ABC	726	0,184
320x72x32 AB	138	0,102
320x72x32 CD	37	0,027
320x72x32 D	61	0,045
160x85x32 ABC	304	0,132
160x56x32 ABC	182	0,052
160x72x32 ABC	112	0,041
2350x245x32 RUSTIK	7	0,129
2350x220x32 RUSTIK	2	0,033
	Ukupno:	9,015

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 30. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca II. pilanske klase

II. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volumen (m ³)
530x85x32 A	663	0,956
530x58x32 BC	364	0,525
530x85x32 MUŠICA	1098	1,583
385x85x32 SELECT	1427	1,494
385x85x32 BC	364	0,381
385x85x32 D	363	0,380
330x85x32 A	624	0,560
330x85x32 BC	390	0,350
330x85x32 D	264	0,237
330x85x32 MUŠICA	405	0,364
520x56x32 AB	589	0,549
520x56x32 CD	456	0,425
520x56x32 D	247	0,230
320x56x32 AB	437	0,251
320x56x32 CD	304	0,174
320x56x32 D	114	0,065
530x72x32 AB	465	0,568
530x72x32 CD	143	0,175
530x72x32 D	105	0,128
180x85x32 ABC	1677	0,821
180x56x32 ABC	989	0,319
180x72x32 ABC	360	0,149
180x44x32 ABC	576	0,146
320x72x32 AB	90	0,066
320x72x32 CD	165	0,072
320x72x32 D	45	0,013
160x85x32 ABC	325	0,141
160x56x32 ABC	171	0,049
160x72x32 ABC	105	0,039
2350x245x32 RUSTIK	3	0,055
2350x220x32 RUSTIK	3	0,050
	Ukupno:	11,315

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 31. Prikaz izrađenih elemenata iz doradnih piljenica trupaca III. pilanske klase

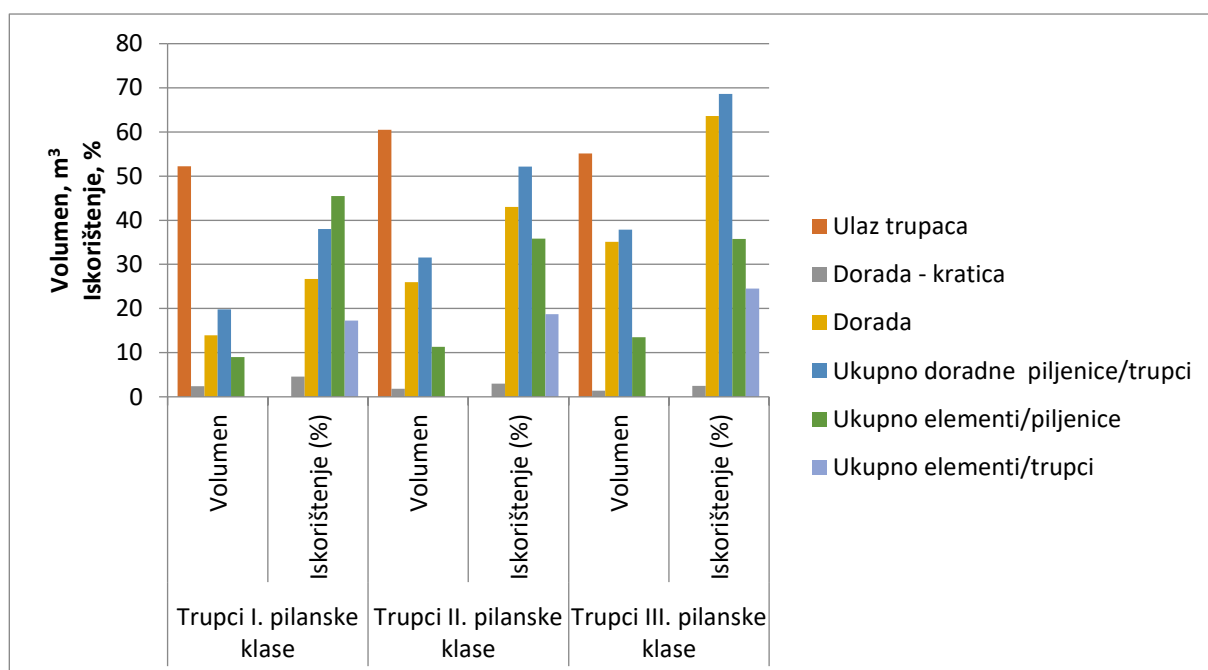
III. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volumen (m ³)
530x85x32 A	501	0,722
530x58x32 BC	741	1,068
530x85x32 MUŠICA	1080	1,557
385x85x32 SELECT	1538	1,611
385x85x32 BC	1648	1,726
385x85x32 D	334	0,350
330x85x32 A	609	0,547
330x85x32 BC	390	0,350
330x85x32 D	205	0,184
330x85x32 MUŠICA	356	0,320
520x56x32 AB	304	0,283
520x56x32 CD	416	0,388
520x56x32 D	51	0,048
320x56x32 AB	1156	0,663
320x56x32 CD	589	0,338
320x56x32 D	580	0,333
530x72x32 AB	264	0,322
530x72x32 CD	274	0,335
530x72x32 D	141	0,172
180x85x32 ABC	455	0,223
180x56x32 ABC	334	0,108
180x72x32 ABC	221	0,092
180x44x32 ABC	2256	0,572
320x72x32 AB	363	0,268
320x72x32 CD	78	0,058
320x72x32 D	72	0,053
160x85x32 ABC	429	0,187
160x56x32 ABC	988	0,283
160x72x32 ABC	99	0,036
2350x245x32 RUSTIK	0	0,000
2350x220x32 RUSTIK	20	0,331
	Ukupno:	13,524

U tablicama 29. do 31. prikazane su dimenzije i klase te broj komada takvih elemenata. Osim broja komada izračunat je i volumen za svaku dimenziju i klasu te potom zbrojen ukupan zbroj volumena elemenata kako bi se dobilo iskorištenje iz doradne piljenice u elemente te iz trupaca različitih pilanskih klasa u iste te elemente. To će biti prikazano u slijedećim tablicama.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 32. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi elemenata iz doradnih piljenica

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510		55,150	
Dorada - kratica	2,400	4,6	1,797	2,97	1,36	2,47
Dorada	13,946	26,72	26,007	42,98	35,08	63,61
Ukupno doradne piljenice/trupci	19,825	37,98	31,568	52,17	37,830	68,59
Ukupno elementi/piljenice	9,015	45,47	11,315	35,84	13,524	35,75
Ukupno elementi/trupci		17,27		18,70		24,52



Slika 31. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi elemenata iz doradnih piljenica

U tablici 32. i slici 31. prikazana su iskorištenja elemenata iz doradne piljenice te na kraju iz trupaca u ovisnosti o klasi trupca. Kod trupaca I. pilanske klase izlaz elemenata od ukupnog volumena trupaca iznosi 17,27 %, kod II. pilanske klase 18,70 %, dok je kod trupaca III. pilanske klase 24,52 %, što je i očekivano. Iskorištenje doradne piljenice, to jest odnos ulaza volumena doradne piljenice i izlaza volumena elemenata također ovisi od kvaliteti trupca. Primjerice, kod trupaca prve klase iskorištenje iznosi 45,47 %, dok je kod trupaca II. i III. pilanske klase taj postotak nešto niži, oko 35 %.

U tablicama 33. do 35. prikazana je izlazna količina podnih piljenica iz kojih će se izrađivati elementi različitih dimenzija potrebnih za proizvodnju lamela. Odmah je

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

vidljivo po iskorištenju da je kod trupaca I. pilanske klase puno veći udio podne daske nego kod trupaca II. i III. klase. Razlika je čak 10% posto više nego kod trupaca II. klase, i čak 30% više nego kod trupaca III. pilanske klase. U slijedećim tablicama bit će prikazan izlaz elemenata te njihova količina i volumen po dimenzijama i klasama. Iz takvih se elemenata ispiljuju lamele „fresh cut“ metodom.

Tablica 33. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice (po dimenzijama) od trupaca I. pilanske klase

I. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volumen (m ³)
750x165x32	99	0,392
930x130x32	198	0,766
1350x175x32	51	0,386
1550x165x32	14	0,115
1350x205x32	38	0,337
1350x185x32	209	1,670
1350x130x32	298	1,674
2050x245x32	717	0,273
1900x175x32	64	0,681
2350x245x32	256	4,717
2350x220x32	107	1,770
2350x175x32	73	0,961
2250x231x32	0	0,000
Reparacija (dorada)	9 paketa	5,861
	Ukupno:	13,740

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 34. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice (po dimenzijama) od trupaca II. pilanske klase

II. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volume n (m ³)
750x165x32	28	0,111
930x130x32	210	0,812
1350x175x32	95	0,718
1550x165x32	0	0,000
1350x205x32	73	0,646
1350x185x32	124	0,991
1350x130x32	278	1,561
2050x245x32	4	0,064
1900x175x32	76	0,809
2350x245x32	136	2,506
2350x220x32	123	2,035
2350x175x32	164	2,158
2250x231x32	3	0,046
Reparacija (dorada)	4 paketa	5,561
	Ukupno:	12,458

Tablica 35. Prikaz izlaza elemenata iz podne piljenice (po dimenzijama) od trupaca III. pilanske klase

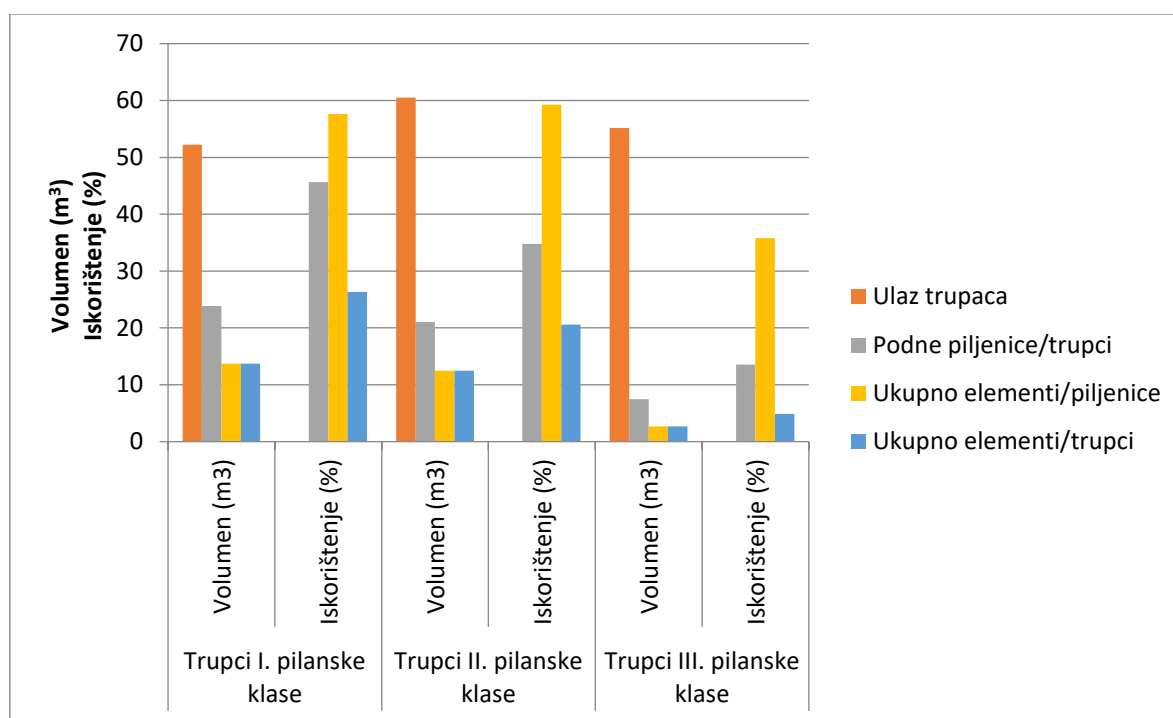
III. pilanska klasa		
Dimenzija elementa	Broj komada	Volumen (m ³)
750x165x32	147	0,582
930x130x32	2	0,008
1350x175x32	3	0,023
1550x165x32	0	0,000
1350x205x32	11	0,097
1350x185x32	79	0,631
1350x130x32	6	0,034
2050x245x32	0	0,000
1900x175x32	9	0,096
2350x245x32	48	0,884
2350x220x32	13	0,215
2350x175x32	8	0,105
2250x231x32	0	0,000
Reparacija (dorada)	5 paketa	2,750
	Ukupno:	2,675

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

U tablicama 34., 35. i 36. u zbroj volumena elemenata iz podnih piljenica nije zbrojena količina volumena reparacije, takovi elementi odlaze u doradnu liniju. Slijedeće tablice prikazat će iskorištenje elemenata za izradu lamela iz trupca te iskorištenje istih tih elemenata iz podne piljenice.

Tablica 36. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi elemenata iz podnih piljenica

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510		55,150	
Podne piljenice/trupci	23,835	45,66	21,027	34,75	7,475	13,55
Ukupno elementi/piljenice	13,740	57,65	12,458	59,25	2,675	35,79
Ukupno elementi/trupci	13,740	26,32	12,458	20,59	2,675	4,85



Slika 32. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi elemenata iz podnih piljenica

Iz tablice 36. i slike 32. vidljiva je razlika u izlazu elemenata za izradu lamela u odnosu na ulaz volumena trupaca. Udio elemenata za izradu lamela u odnosu na ulaz trupaca I. pilanske klase iznosi 26,32 %, kod trupaca II. pilanske klase iznosi 20,59 %, dok kod trupaca III. pilanske klase taj udio iznosi samo 13,55 %. Iskorištenje iz podne piljenice u navedene elemente također se razlikuje u ovisnosti o kvaliteti trupaca. Podne piljenice dobivene iz trupaca I. klase imaju iskorištenje od

57,65 %, piljenice dobivene iz trupaca II. klase 59,25 %, a piljenice dobivene iz trupaca III. klase imaju iskorištenje od 35,79 %. Pomalo nočekivan rezultat jest da je iskorištenje podnih piljenica u elemenete veće kod piljenica dobivenih iz trupaca II. klase nego kod piljenica dobivenih iz trupaca I. klase iako je razlika manja od 2 %.

5.3 Podaci o lamelama i uspješnost izrade

Iz elemenata dobivenih najvećim dijelom od podne daske te manjim dijelom od doradne daske pile se lamele. Način piljenja lamele jest takozvani „fresh cut“, odnosno sirovo piljenje. Takve lamele dobivaju se piljenjem sirovih elemenata, nakon čega se suše u sušionicama. Za promatrane situacije proizvođači su se lamele u tri debljinska razreda, to su lamele od 4,1 mm, 5,2 mm te 6,3 mm debljine.

Tablica 37. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za I. pilansku klasu trupaca

I. pilanska klasa				
Broj paketa	Dimenzija paketa	Broj komada	Volumen (m ³)	Površina (m ²)
1	2215x205x5,2	240	0,567	108,978
2	2215x205x5,2	200	0,472	90,815
3	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
4	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
5	1185x160x4,1	345	0,268	65,412
Ukupno:		1415	1,797	384,653

Tablica 38. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za II. pilansku klasu trupaca

II. pilanska klasa				
Broj paketa	Dimenzija paketa	Broj komada	Volumen (m ³)	Površina (m ²)
1	2215x205x5,2	240	0,567	108,978
2	2215x205x5,2	230	0,543	104,437
3	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
4	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
5	1185x160x4,1	126	0,098	23,890
Ukupno:		1226	1,697	356,753

Tablica 39. Prikaz količine ispiljenih lamela iz elemenata za III. pilansku klasu trupaca

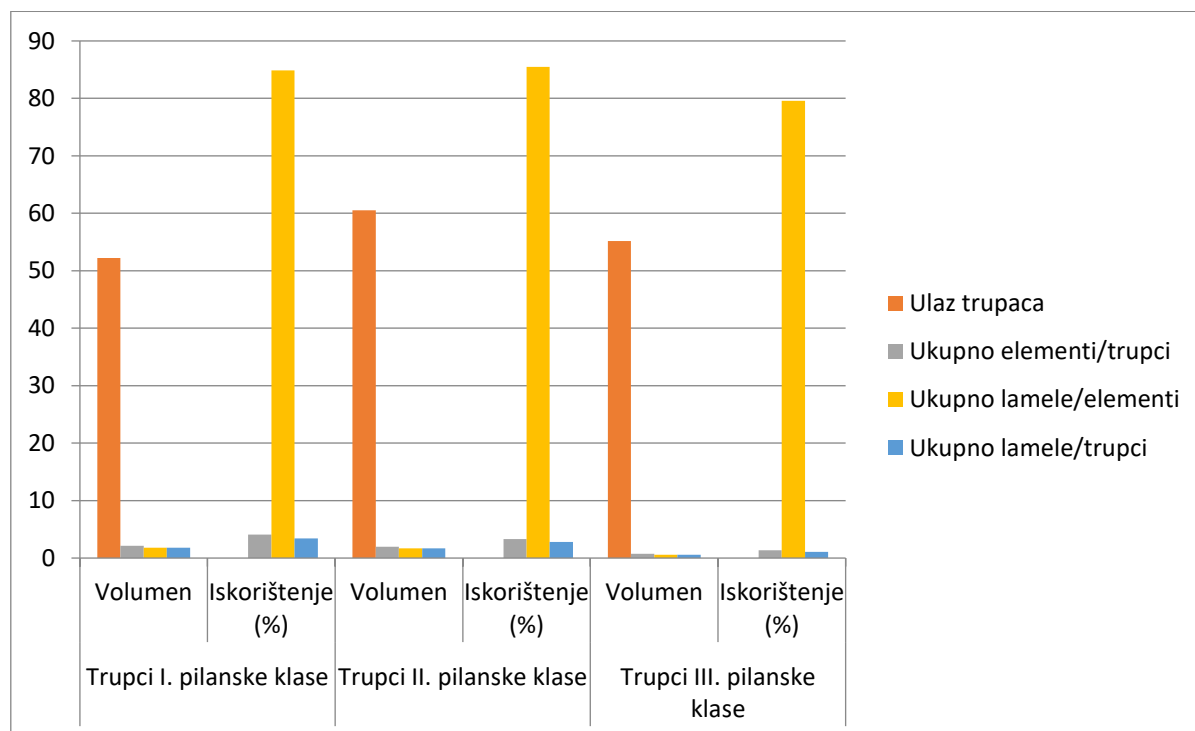
III. pilanska klasa				
Broj paketa	Dimenzija paketa	Broj komada	Volumen (m ³)	Površina (m ²)
1	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
2	1185x160x4,1	315	0,245	59,724
3	1185x160x4,1	126	0,098	23,8896
Ukupno:		756	0,588	143,338

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Iz tablica 37. do 39. vidljivo je da je najviše lamela dobiveno iz trupaca I. pilanske klase, nešto manje iz trupaca II. pilanske klase, te očekivano najmanje iz trupaca III. pilanske klase. Naravno, broj lamela ovisi i o broju paketa elemenata dobivenih iz trupaca pojedinih klasa, tako da su ove tablice samo kvantitativni pokazatelj. U slijedećim tablicama bit će prikazano kvalitativno iskorištenje lamela iz elemenata.

Tablica 40. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi lamela iz elemenata

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510		55,150	
Ukupno elementi/trupci	2,117	4,06	1,984	3,28	0,739	1,34
Ukupno lamele/elementi	1,797	84,9	1,697	85,5	0,588	79,57
Ukupno lamele/trupci	1,797	3,44	1,697	2,81	0,588	1,07



Slika 33. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja elemenata pri izradi lamela

U tablici 43. i slici 33. prikazana su iskorištenja na relaciji trupac – element te trupac – lamela. Razlike između klasa trupaca su značajne. Kod trupaca I. pilanske klase, krajnje iskorištenje iznosi 3,44 %, primjerice, od 100 m³ trupaca, dobije se oko 3,44 m³ lamela koje kasnije idu na sušenje i završnu obradu.

Nakon sušenja lamela, lamele dolaze do pogona finalne proizvodnje te dolaze na završnu obradu. Pod pojmom završna obrada lamele smatra se obrada do krajnjih dimenzija, po debljini, širini te dužini. Nakon te obrade lamele dolaze na

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

mjesto gdje radnice klasiraju. Postoji nekoliko klasa lamela, a one su određene izgledom, dakle bojom, teksturom, greškama (kvrge, čeone pukotine). Ukoliko lamela koja je obrađena ne zadovoljava niti jednu klasu, ona se odvaja za reparaciju, odnosno iz takve lamele izradit će se lamela manjih dimenzija, ali koja odgovara klasi.

Tablica 41. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 1185x160x3,1 mm

Iskorištenje lamela dimenzija 1185x160x3,1					
	Ulaz (kom)	Izlaz (kom)	Reparacija (kom)	Klasa trupca	Iskorištenje (%)
	973	885	88	P1	90,96
	761	705	56	P2	92,64
	753	640	113	P3	84,99
Ukupno:	2487	2230	257		89,53

Tablica 42. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 2215x205x3,9 mm ABCD

Iskorištenje lamela dimenzija 2215x205x3,9 ABCD					
	Ulaz (kom)	Izlaz (kom)	Reparacija (kom)	Klasa trupca	Iskorištenje (%)
	443	350	93	P1	79,01
	456	379	77	P2	83,11
Ukupno:	899	729	170		81,06

Tablica 43. Iskorištenje lamela nakon završne obrade i klasiranja kod dimenzija 2215x205x3,9 mm RUSTIK

Iskorištenje lamela dimenzija 2215x205x3,9 RUSTIK					
	Ulaz (kom)	Izlaz (kom)	Reparacija (kom)	Klasa trupca	Iskorištenje (%)
	695	620	75	P1	89,21
	466	370	96	P2	79,40
Ukupno:	1161	990	171		84,30

Prema tablicama 41. do 43., najbolje iskorištenje lamela je kod dimenzija 1185x160x3,1 mm. To iskorištenje iznosi 89,53 %, što znači da je od ukupne količine lamela ispiljenih za navedenu dimenziju, samo 10,47 % nije u klasi te ide na daljnju reparaciju. Iskorištenje lamela dimenzija 2215x205x3,9 kod klase elemenata ABCD je za oko 3 % manje nego kod lamela klase elemenata RUSTIK. Objašnjenje za takav odnos jest što se lamele iz elemenata klase RUSTIK pile na 6,3 mm, što je više nego kod klase ABCD koja iznosi 5,2 mm, ali to ima negativan utjecaj na krajnje iskorištenje iz trupaca do završnog proizvoda, obrađene lamele. U tablici 44. prikazano je ukupno iskorištenje lamela u odnosu na klasu trupca. Razlike su gotovo

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

minimalne, te su poredane redom, trupci I. pilanske klase imaju najbolje iskorištenje, zatim slijede trupci II. pilanske klase te trupci III. pilanske klase.

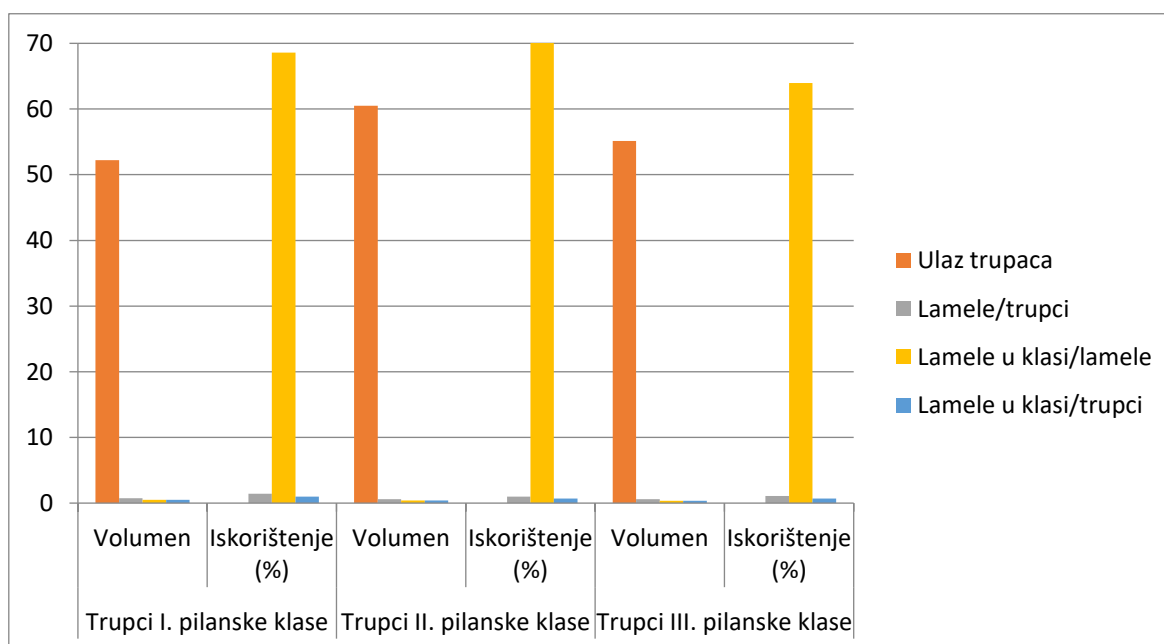
Tablica 44. Iskorištenje lamela u odnosu na klasu trupca iz kojih su izrađene

Iskorištenje lamela u odnosu na klasu trupca	
Klasa trupca	Iskorištenje (%)
P1	86,39
P2	85,05
P3	84,99

U tablicama 45. do 47. i slikama 34. do 36. prikazano je ukupno iskorištenje na relaciji trupac – obrađena lamela. Prvo će se prikazati za dimenziju 1185x160x3,1 po klasama trupaca, a potom za dimenziju 2215x205x3,9 ABCD i RUSTIK, također po klasama trupaca, samo I. i II. klasa, jer iz III. klase se nije dobilo elemenata za navedenu dimenziju.

Tablica 45. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I., II i III. pilanske klase pri izradi lamela u klasi iz lamela

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase		Trupci III. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510		55,150	
Lamele/trupci	0,758	1,45	0,588	0,97	0,588	1,07
Lamele u klasi/lamele	0,520	68,6	0,414	70,41	0,376	63,94
Lamele u klasi/trupci	0,520	1	0,414	0,68	0,376	0,68

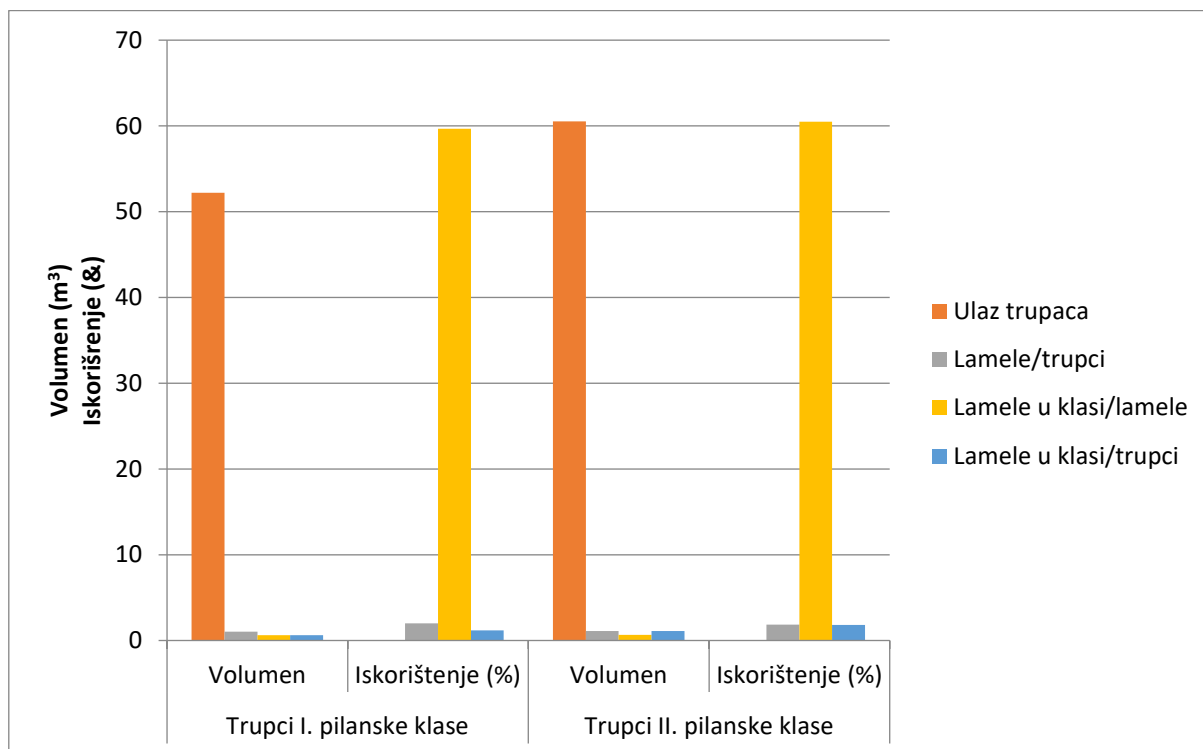


Slika 34. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pri izradi lamela u klasi dimenzija 1185x160x3,1 iz lamela

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 46. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I. i II. pilanske klase pri izradi lamela u klasi ABCD dimenzija 2215x205x3,9

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510	
Lamele/trupci	1,039	1,99	1,110	1,83
Lamele u klasi/lamele	0,620	59,66	0,671	60,48
Lamele u klasi/trupci	0,620	1,19	1,109	1,83

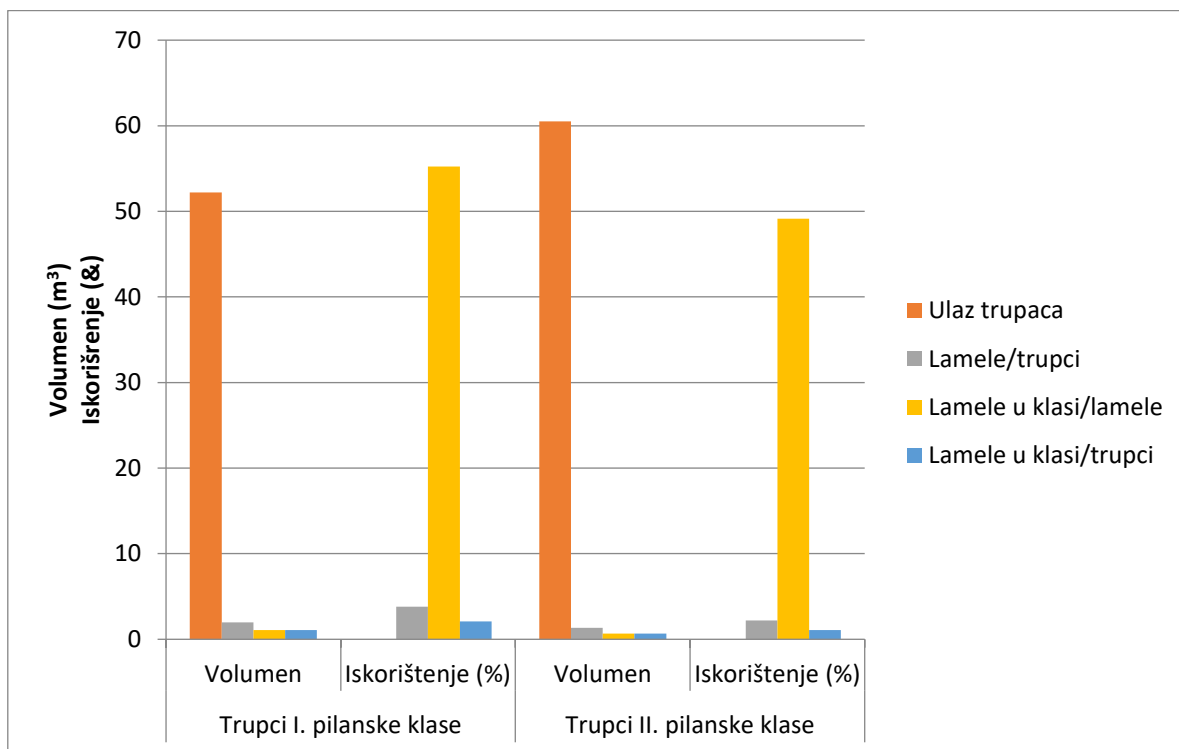


Slika 35. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi lamela u klasi ABCD dimenzija 2215x205x3,9

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 47. Prikaz kvantitativnog iskorištenja trupaca I. i II. pilanske klase pri izradi lamela u klasi RUSTIK dimenzija 2215x205x3,9

Trupac ili proizvod	Trupci I. pilanske klase		Trupci II. pilanske klase	
	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)	Volumen (m ³)	Iskorištenje (%)
Ulaz trupaca	52,200		60,510	
Lamele/trupci	1,988	3,81	1,333	2,20
Lamele u klasi/lamele	1,098	55,22	0,655	49,15
Lamele u klasi/trupci	1,098	2,10	0,655	1,08



Slika 36. Grafički prikaz kvantitativnog iskorištenja pilanskih trupaca I, II, i III. klase pri izradi lamela u klasi RUSTIK dimenzija 2215x205x3,9

U tablicama 45. Do 47. vidljiva je razlika u iskorištenju lamela u ovisnosti klase trupaca. Najbolje iskorištenje ima dimenzija 2215x205x3,9 RUSTIK, ono iznosi 2,10 %. To znači da se, primjerice od 100 m³ trupaca dobije 2,10 m³ lamela. Taj broj izgleda malo, ali zna se da se lamela ne prodaje po m³ već po m². To znači da u 2,10 m³ lamela ima oko 538 m² lamela. Treba napomenuti da se ovo odnosi samo na ovu dimenziju, a proizvodi se još nekoliko različitih dimenzija za poznate kupce. U tablici 48. prikazano je ukupno iskorištenje trupaca u lamele za praćene dimenzije lamela tokom praćenja proizvodnje za istraživački dio diplomskog rada.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

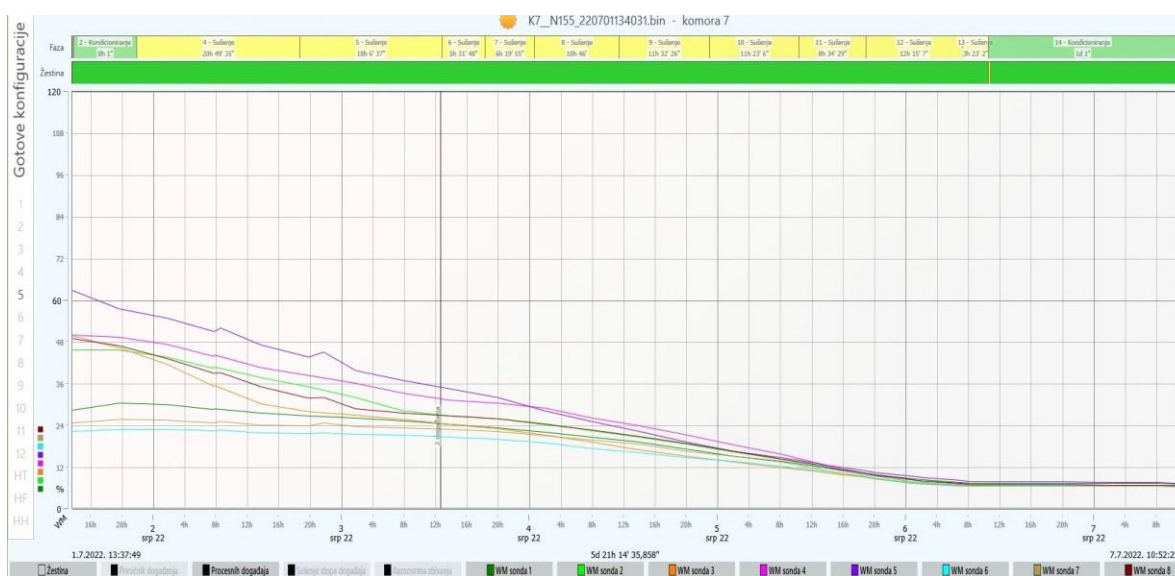
Tablica 48. Ukupno iskorištenje trupaca svih klasa tokom perioda praćenja proizvodnje

Ulazna količina trupaca	Ukupna izlazna količina lamela	Ukupna izlazna količina lamela	Iskorištenje
(m ³)	(m ³)	(m ²)	(%)
167,86	4,355	1203,36	2,59

Treba napomenuti da su u proizvodnji prisutne i druge dimenzije koje se proizvode za poznate kupce te one nisu uračunate u ove dosadašnje tablice. Cilj ovog diplomskog rada bio jest pratiti samo određene dimenzije te njihovo iskorištenje i odnos. Dakle, da su se pratile sve dimenzije, broj kvadrata lamela te ukupno iskorištenje bilo bi veće nego li je prikazano.

5.4 Režim i tijek sušenja

Vrijeme trajanja sušenja lamela u klasičnoj komornoj sušionici najviše ovisi o debljini sirove lamele, te nešto manje o sadržaju vode u drvu s kojim lamele ulaze u fazu umjetnog sušenja. Kod dimenzija lamela 1185x160x4,1 mm duljina trajanja sušenja iznosi od 4 do 5 dana, dok kod dimenzija lamela 2215x205x5,2 mm iznosi 5 do 7 dana, a kod debljine 6,3 mm iznosi 8 do 9 dana.

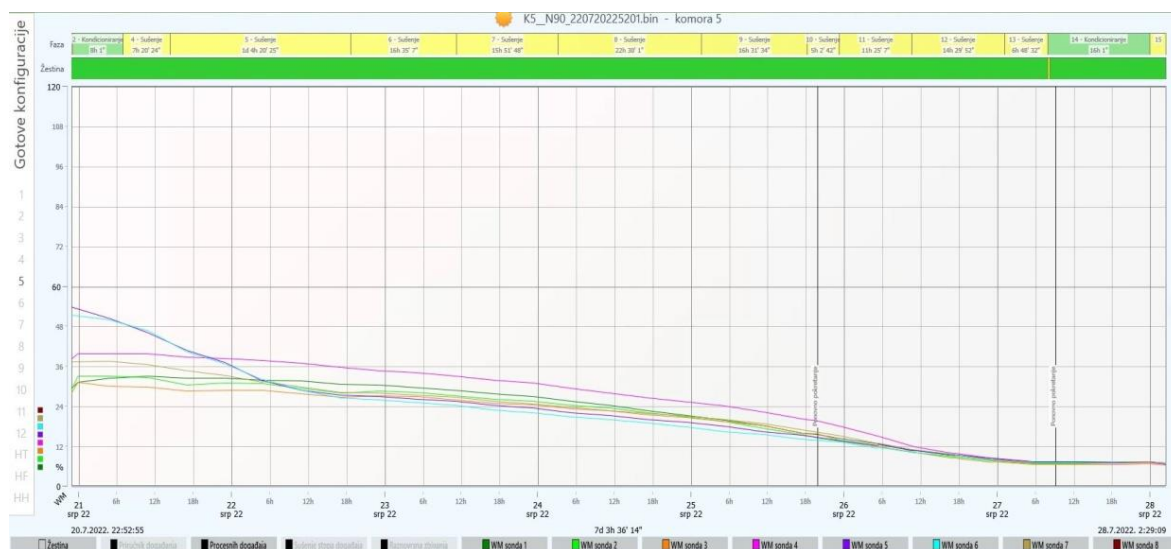


Slika 37. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 1185x160x4,1

Iz grafa na slikama 37. do 39. je vidljivo da je ulazni sadržaj vode u drvu bio oko 65 %, što prikazuje ljubičasta linija. Prema toj sondi (najvećem izmjerenom sadržaju vode) se vodi proces umjetnog sušenja. Vidljivo je da u početnim fazama sušenja, do oko 26 % sadržaja vode, proces gubitka slobodne vode jest puno veći nego kod sadržaja vode ispod 26 %. Do tog sadržaja vode dnevno se izgubi oko 15-20 % vode u drvu. Ispod sadržaja vode od 26 %, odnosno ispod točke zasićenosti vlaknaca gubitak vode u drvu jest sporiji. Razlog tomu je to što drvo teže gubi

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

slobodnu vodu negoli vezanu. Dok sonda najvećeg sadržaja vode u drvu dođe do 7 %, slijedi kondicioniranje u trajanju od 24 sata. Frekvencija vrtnje ventilatora kod sušenja lamela debljine 4,1 mm u početnoj fazi iznosi 70 %, zatim oko TZV-a 75 %, dok na kraju sušenja iznosi 85 %.



Slika 38. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 2215x205x5,2 ABCD



Slika 39. Graf sadržaja vode u drvu u ovisnosti o vremenskom periodu kod lamela dimenzija 2215x205x6,3 RUSTIK

Kod sušenja lamela debljina 5,2 mm i 6,3 mm vidljivo je da je gubitak sadržaja vode u drvu sporiji, osobito kod debljine 6,3 mm. Ponovno je gubitak do TZV-a brži negoli nakon njega. Ulazni sadržaj vode kod lamela debljine 5,2 mm bio je maksimalni oko 57 %, dok je kod lamela debljine 6,3 mm on iznosio oko 70 %. Duljina trajanja sušenja lamela debljine 5,2 mm u ovom slučaju iznosila je 6 dana, dok je kod debljine 6,3 mm taj period duži i iznosi 8 dana. Režim sušenja svih debljina sličan je, ali najveća razlika je frekvencija ventilatora. Ona odmah na početku

iznosi 80 %, a završava također na 85 %, kao što je i u slučaju kod lamela debljine 4,1 mm.

5.5. Pojavnost grešaka sušenja

Nakon klasiranja lamela, kontrolori kvalitete kontroliraju lamele. Kontrola se vrši tako što se provjeravaju i mjere različite greške, loše klasiranje klasirki, pogreške strojeva ili majstora na stroju te dimenzije. U tablici 49. prikazana je struktura grešaka za promatrane dimenzije lamela.

Greške koje dolaze prilikom sušenja jesu pukotine sa čela, površinske pukotine te boja zbog tragova špangli. Primjećuje se da je pojava čeonih pukotina ugrubo podjednaka kod svih klasa, najviše je ima kod dimenzija 2215x205x3,8 RUSTIK, dok ih najmanje ima kod dimenzija 1185x160x3,1. Kod površinskih pukotina razlika je veća, ona iznosi 2,7 % kod kraćih lamela, dok je kod većih lamela klase RUSTIK udio površinskih pukotina znatno veći te iznosi 17,5 %. Promjene boje nastalih zbog tragova špangli nije bilo prilikom kontrole lamela.

Tablica 49. Struktura grešaka lamela prema dimenzijama

Vrsta greške	Dimenzije lamela					
	1185x160x3,1		2215x205x3,8 RUSTIK		2215x205x3,8 ABCD	
	Kom.	Udio	Kom.	Udio	Kom.	Udio
Bjelika+mušica	0	0,0%	3	1,8%	0	0,0%
Zatrgnuto od stroja	20	7,8%	20	11,7%	12	7,0%
Nema širinu	65	25,3%	17	9,9%	22	12,9%
Nema debljinu	78	30,4%	25	14,6%	22	12,9%
Krivo klasiranje elemenata	28	10,9%	29	17,0%	34	19,9%
Čeone pukotine	23	8,9%	18	10,5%	23	13,5%
Čista s bjelikom i pukotinom	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Površinske pukotine	7	2,7%	24	14,0%	30	17,5%
Zakrivljene lamele	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Boja zbog tragova špangli	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Neoblanjano oko kvрге/srce	36	14,0%	35	20,5%	28	16,4%
Nema dužinu/skraćivanje	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Ukupno reparacije	257		171		171	

6. ZAKLJUČCI

Prema dobivenim rezultatima istraživanja možemo zaključiti slijedeće:

- iskorištenje pilanske sirovine pri izradi lamela najveće kod trupaca I. pilanske klase,
- kod trupaca II. i III. pilanske klase iskorištenje je manje za oko 30 % u odnosu na I. pilansku klasu kod dimenzija lamela 1185x160x3,1,
- Za dimenziju 2215x205x3,8 ABCD iskorištenja su podjednaka kod I. i II. pilanske klase,
- iz III. pilanske klase nije se dobila niti jedna lamela ovih dimenzija,
- kod dimenzija lamela 2215x205x3,8 RUSTIK, iskorištenje trupaca I. pilanske klase dvostruko je veće nego kod trupaca II. pilanske klase,
- kao i kod klase ABCD, niti jedna lamela nije izrađena iz III. pilanske klase trupaca,
- vrijeme trajanja sušenja lamela u klasičnoj komornoj sušionici najviše ovisi o debljini sirove lamele, te nešto manje o sadržaju vode u drvu s kojim lamele ulaze u fazu umjetnog sušenja.
- kod dimenzija lamela 1185x160x4,1 mm duljina trajanja sušenja iznosi od 4 do 5 dana, dok kod dimenzija lamela 2215x205x5,2 mm iznosi 5 do 7 dana, a kod debljine 6,3 mm iznosi 8 do 9 dana,
- greške koje nastaju prilikom sušenja jesu pukotine sa čela, površinske pukotine te boja zbog tragova špangli,
- pojava čeonih pukotina je podjednaka kod svih klasa, no najviše ih ima kod dimenzija 2215x205x3,8 RUSTIK, dok ih najmanje ima kod dimenzija 1185x160x3,1,
- kod površinskih pukotina razlika je veća, ona iznosi 2,7 % kod kraćih lamela, dok je kod većih lamela klase RUSTIK udio površinskih pukotina znatno veći te iznosi 17,5 %,
- promjene boje nastalih zbog tragova špangli nije bilo prilikom kontrole lamela.

LITERATURA

1. Brežnjak, M. 1997: Pilanska tehnologija drva, I dio, Udžbenik, Šumarski fakultet Zagreb.
2. Čikić, A. 2011: Klimatizacija zraka, glavni čimbenik konvektivnog sušenja piljenog drva, Hrvatska komora inženjera strojarstva, Varaždin, 2011.
3. Denig J., Wengert E. M., Simpson W. T. 2000: Drying Hardwood Lumber, Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–118. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory
4. Gregić, M. 1987: Razvoj prerade i iskorišćivanja hrasta lužnjaka i drugih vrsta drva u Hrvatskoj od 1669. do 1984. godine, Drvna industrija, 38, (9-10): 195-209.
5. Horvat, I.; Krpan J. 1967: Drvno industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb.
6. Krpan, J., 1965: Sušenje i parenje drva, udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
7. Pervan, S.; Grbac, I., 1996: Uređaji za sušenje drva podržani računalom, Drvna industrija, 47, 112
8. Pervan, S. 1996: Pouzdanost računalom podržanog sušenja bukovine u klasičnoj komornoj sušionici, magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
9. Pervan, S. 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva, SAND, Zagreb, Hrvatska.
10. Pervan, S.; Specijalne metode sušenja drva, Skripta, Šumarski fakultet.
11. Turkulin, H.; Živković, V.; Mihulja, G.; Žgela, R. 2015: Normativna vidna razredba drvenih podova, priručnik br. 1., Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet