

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marjan ZUPANČIČ

**VPLIV RDEČEGA SRCA NA KRČENJE BUKOVEGA LUŠČENEGA
FURNIRJA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF RED HEART ON BEECH PEELING VENEER
SHRINKING**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Eksperimentalni del je bil opravljen v podjetju Novoles d.d., PC Vežan les.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc.dr. Dominiko Gornik Bučar, za recenzenta pa prof.dr. Željka Goriška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Marjan Zupančič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
DK UDK 630*826.1
KG bukev (*Fagus sylvatica* L.)/luščen furnir/rdeče srce/hidrotermična obdelava
AV ZUPANČIČ, Marjan
SA GORNIK BUČAR, Dominika (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2009
IN VPLIV RDEČEGA SRCA NA KRČENJE BUKOVEGA LUŠČENEGA FURNIRJA
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP X, 66 str., 13 pregl., 49 sl., 13 pril., 14 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Raziskali smo vpliv rdečega srca bukve na krčenje bukovega luščenega furnirja pri sušenju. Za izdelavo poskusnega furnirja smo izbrali 3 hlode bukve (*Fagus sylvatica* L.), ki so vsebovali rdeče srce. Ugotovili smo, da so skrčki furnirja iz poskusnih hlodov z rdečim srcem statistično značilno manjši kot skrčki furnirja iz zunanjih delov hlodov, kjer ni rdečega srca. Ravno tako smo ugotovili statistično značilno manjše skrčke furnirja, izdelanega iz notranjih delov testnih hlodov, ki ne vsebujejo rdečega srca, v primerjavi s furnirjem, izdelanim iz zunanjih delov istih hlodov. Raziskali smo še druge dejavnike, ki bi lahko vplivali na manjše krčenje furnirja, izdelanega iz notranjih delov hlodov: tenzijski les, gostoto lesa, gradient vlažnosti po prerezu debla, prisotnost juvenilnega lesa, delež ranega in kasnega lesa ter mesto vpetja hloda pri luščenju furnirja. Izmed vseh naštetih dejavnikov mesto vpetja najbolj vpliva na manjše krčenje furnirja, izdelanega iz osrednjih delov hloda.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*826.1
CX beech (*Fagus sylvatica* L.)/peeled veneer/red heart/hydrothermal treatment
AU ZUPANČIČ, Marjan
AA GORNIK BUČAR, Dominika (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2009
TI INFLUENCE OF RED HEART ON BEECH PEELED VENEER SHRINKING
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO X, 66 p., 13 tab., 49 fig., 13 ann., 14 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Influence of red heart on beech peeled veneer shrinking was investigated. 3 logs of beech (*Fagus sylvatica* L.) with red heart and 3 logs without it were used for samples and tests. It was found out that the veneers with red heart shrank less than those without it. Veneers without red heart taken from interior parts of the logs shrank less than those taken from logs' periphery. Influence of tension wood, wood density, moisture gradient, juvenile wood, earlywood and latewood, centering/clamping point at veneer peeling on beech peeled veneer shrinking were also investigated. Among all the factors mentioned above, centering/clamping point has the largest impact on smaller shrinking of veneer, made of interior parts of logs.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
1.1 HIPOTEZE.....	1
1.2 CILJI NALOGE	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 BUKEV (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	2
2.1.1 Osnovne značilnosti	2
2.1.2 Napake v bukovem lesu	2
2.1.3 Diskoloriran les – rdeče srce bukve	3
2.1.4 Tehnični podatki za bukov les	3
2.2 IZDELAVA LUŠČENEGA FURNIRJA.....	4
2.2.1 Skladiščenje in zaščita hlodovine	4
2.2.2 Hidrotermična obdelava hlodovine za luščenje	5
2.2.2.1 Vsebnost vode v hidrotermično obdelani hlodovini	7
2.2.2.2 Mehanske lastnosti hidrotermično obdelanega lesa	7
2.2.2.3 Sprememba barve lesa.....	8
2.2.3 Izdelava luščenega furnirja	9
2.2.4 Sušenje furnirja	13
2.2.4.1 Razvoj in vrste sušilnih naprav	13
2.2.4.2 Fizika sušenja furnirja	13
2.2.4.3 Vlažnost furnirja, temperatura in čas sušenja	15
2.2.4.4 Krčenje furnirja pri sušenju.....	16
2.2.4.5 Potrošnja pare pri sušenju furnirja	17
2.3 IZDELAVA LUŠČENEGA FURNIRJA V PODJETJU NOVOLES	18
2.3.1 Prezem bukove hlodovine za luščenje	18
2.3.2 Skladiščenje in zaščita bukove hlodovine za luščenje	18
2.3.3 Hidrotermična obdelava bukove hlodovine	19
2.3.4 Izdelava luščenega bukovega furnirja	21
2.3.4.1 Luščenje	21
2.3.4.2 Meritve, tolerance in kakovost površine furnirja:	21
2.3.5 Sušenje bukovega furnirja	23
2.3.5.1 Postopek sušenja	23
2.3.5.2 Tehnični podatki o sušilnem kanalu za furnir Babcock RD-III	24
3 MATERIAL IN METODE	25
3.1 POSKUSNI MATERIAL.....	25
3.2 NAČRT SPREMLJANJA	26

3.2.1	Spremljanje hidrotermične obdelave	26
3.2.2	Spremljanje luščenja poskusnega furnirja	26
3.2.3	Spremljanje sušenja poskusnega furnirja	28
3.3	MERJENJE SKRČKOV	30
3.4	MERJENJE GOSTOTE FURNIRJEV	31
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	32
4.1	KRČENJE FURNIRJA	32
4.1.1	Pregled poskusnih hlodov za izdelavo furnirja	32
4.1.2	Krčenje furnirja iz hlodov, ki so vsebovali rdeče srce	33
4.1.2.1	Krčenje furnirja iz prvega poskusnega hloda	33
4.1.2.2	Krčenje furnirja iz drugega poskusnega hloda	36
4.1.2.3	Krčenje furnirja iz tretjega poskusnega hloda	39
4.1.2.4	Povzetek rezultatov meritev skrčkov furnirja iz treh poskusnih hlodov	43
4.1.3	Krčenje furnirja izdelanih iz testnih hlodov brez rdečega srca	44
4.1.3.1	Krčenje furnirja iz prvega testnega hloda brez rdečega srca	44
4.1.3.2	Krčenje furnirja iz drugega testnega hloda brez rdečega srca	47
4.1.3.3	Krčenje furnirja iz tretjega testnega hloda brez rdečega srca	50
4.1.3.4	Povzetek rezultatov meritev skrčkov furnirja iz treh testnih hlodov	53
4.1.4	Primerjava skrčkov furnirjev iz poskusnih in testnih hlodov	54
4.1.5	Vpliv gostote lesa na velikost krčenja furnirja pri sušenju	56
4.1.6	Ostali dejavniki, ki vplivajo na velikost krčenja	58
5	SKLEPI	62
6	POVZETEK	64
7	VIRI	66

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Okvirne temperature parjenja hlodovine različnih drevesnih vrst.	6
Preglednica 2: Odstotki zgnetljivosti lesa pri luščenju določenih vrst lesa (Mesić, 1998).	11
Preglednica 3: Koeficienti za izračun krčenja furnirja pri sušenju (Mesić, 1998).	16
Preglednica 4: Preglednica časov sušenja posameznih vrst furnirja v sušilnem kanalu.	23
Preglednica 5: Vsebnost neobarvanega lesa in lesa z rdečim srcem v poskusnih hlodih.	32
Preglednica 6: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 1. poskus. hloda z rdečim srcem.	33
Preglednica 7: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 2. poskus. hloda z rdečim srcem.	36
Preglednica 8: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 3. poskus. hloda z rdečim srcem.	39
Preglednica 9: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 1. testnega hloda brez rdečega srca. .	44
Preglednica 10: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 2. testnega hloda brez rdečega srca.	47
Preglednica 11: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 3. testnega hloda brez rdečega srca.	50
Preglednica 12: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh poskusnih in treh testnih hlodov.	54
Preglednica 13: Prikaz razlike med povprečnimi vrednostmi skrčkov furnirjev in oddaljenosti AC od GC.	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Oznake nastavitvenih kotov za luščenje furnirja.	10
Slika 2: Razdalje V, h, S in S ₀ med konico noža in konico tlačne letve.	11
Slika 3: Temperature v parilni jami pri postopku »gretja« bukove hlodovine.	19
Slika 4: Temperature v parilni jami pri postopku parjenja bukove hlodovine.	20
Slika 5: Čelni pogled na gret poskusni hlod, ki je vseboval rdeče srce.	25
Slika 6: Furnir brez rdečega srca.	27
Slika 7: Furnirja z rdečim srcem.	27
Slika 8: Termometer za prikaz temperature v sušilnici za furnir Babcock.	29
Slika 9: Prikazovalnik nasičenosti zraka z vodno paro v sušilnici Babcock.	29
Slika 10: Prikazovalnik hitrosti pomika furnirja skozi sušilnico Babcock.	29
Slika 11: Prikaz mesta merjenja širin mokrih in suhih furnirjev.	30
Slika 12: Prikaz vsebnosti rdečega srca v hlodih iz katerih je bil izdelan poskusni furnir.	32
Slika 13: Primerjava statističnih podatkov o skrčkih furnirjev iz 1. poskusnega hloda.	34
Slika 14: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz čistega dela 1. hloda.	34
Slika 15: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 1. hloda.	35
Slika 16: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 1. poskusnega hloda.	35
Slika 17: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 1. poskus. hloda.	36
Slika 18: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 2. poskus. hloda.	37
Slika 19: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz neobarvanega dela 2. hloda.	37
Slika 20: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 2. hloda.	38
Slika 21: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 2. poskus. hloda.	38
Slika 22: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 2. poskus. hloda.	39
Slika 23: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 3. poskus. hloda.	40
Slika 24: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz neobarvanega dela 3. hloda.	41
Slika 25: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 3. hloda.	41
Slika 26: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 3. poskus. hloda.	42
Slika 27: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 3. poskus. hloda.	42
Slika 28: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 1. testnega hloda.	45
Slika 29: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 1. testnega hloda.	45
Slika 30: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 1. testnega hloda.	46
Slika 31: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 1. testnega hloda brez rdečega srca.	46
Slika 32: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 1. testnega hloda brez rdečega srca.	47
Slika 33: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 2. testnega hloda.	48
Slika 34: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 2. testnega hloda.	48
Slika 35: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 2. testnega hloda.	49
Slika 36: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 2. testnega hloda brez rdečega srca.	49
Slika 37: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 2. testnega hloda brez rdečega srca.	50
Slika 38: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 3. testnega hloda.	51
Slika 39: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 3. testnega hloda.	51
Slika 40: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 3. testnega hloda.	52
Slika 41: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanjšega dela 3. testnega hloda brez rdečega srca.	52
Slika 42: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjšega dela 3. testnega hloda brez rdečega srca.	53
Slika 43: Prikaz povprečnih skrčkov furnirjev iz zunanjših in notranjših delov poskusnih hlodov.	55

Slika 44: Prikaz povprečnih skrčkov furnirjev iz zunanjih in notranjih delov testnih hlodov.	55
Slika 45: Primerjava velikosti skrčkov in gostote istih vzorcev furnirja iz hlodov z rdečim srcem in brez.	57
Slika 46: Primerjava gostote furnirja s premerom hloda pri katerem je bil vzorec furnirja narejen.	57
Slika 47: Prečni prerez okroglic od luščenja furnirja iz poskusnih hlodov z rdečim srcem	60
Slika 48: Prečni prerez ostankov okroglic od luščenja furnirja iz testnih hlodov.....	60
Slika 49: Grafični prikaz povezave med oddaljenostjo AC od GC in razliko v povprečnih skrčkih furnirjev	61

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela prvega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga B: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela prvega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga C: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela drugega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga D: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela drugega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga E: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela tretjega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga F: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela tretjega poskusnega hloda z rdečim srcem
- Priloga G: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela prvega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga H: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela prvega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga I: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela drugega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga J: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela drugega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga K: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela tretjega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga L: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjšega dela tretjega testnega hloda brez rdečega srca
- Priloga M: Primerjava skrčkov furnirjev in gostote furnirjev pri izbranih premerih hlodov

1 UVOD

V podjetju Novoles d.d., PC Vezan les, kjer sem zaposlen, med drugim izdelujemo tudi vezane plošče, od katerih predstavljajo več kot 98 % vezane plošče izdelane iz bukovega furnirja. Bukove vezane plošče so ostale na zahodnoevropskem trgu nenadomestljive pri določenih uporabnikih polproizvodov. V zadnjem času se trend povpraševanja po teh ploščah celo povečuje, zato tudi proizvodnja bukovih vezanih plošč obratuje na zgornji meji svojih zmogljivosti.

Zaradi čim boljšega in neoviranega poteka proizvodnje vezanih plošč, moramo biti pozorni na vse dejavnike, ki ta proizvodni proces otežujejo. Na količino in kakovost proizvedenih vezanih plošč ima zelo pomemben vpliv izdelava in priprava furnirja za plošče. V fazi izdelave bukovega luščenega furnirja lahko izpostavimo tri dejavnike:

- hidrotermična obdelava bukovih hlodov, ki so namenjeni za izdelavo furnirja,
- značilna anatomska zgradba bukovega lesa s svojimi posebnostmi,
- sušenje furnirja s svojimi značilnostmi.

1.1 HIPOTEZE

Iz prakse smo ugotovili, da nastajajo pri sušenju bukovega furnirja različno veliki skrčki, ki povzročajo težave pri postavljanju nadmer za sušenje pri izdelavi mokrega furnirja. V proizvodnji opazimo različno odstopanje širin pri suhem bukovem furnirju od nazivne dimenzije na katero je bil kot mokri furnir krojen. Še posebej problematično je, kadar je različno krčenje furnirja pri celih formatih. Ti formati furnirja gredo v proizvodnji naravnost na sestavljalno mesto, kjer se izdelujejo vezane plošče in tam nastane problem, če so furnirji preozki. Ne vemo zagotovo kateri dejavniki imajo največji vpliv na različno velike skrčke bukovega furnirja pri sušenju. Raziskali smo ali je krčenje bukovega furnirja, ki vsebuje rdeče srce, različno od krčenja bukovega furnirja brez rdečega srca. Različno krčenje furnirja pri sušenju lahko vpliva na slabši izkoristek od hloda do suhega spojenega furnirja in lahko povzroči težave pri pripravi furnirja za proizvodnjo vezanih plošč.

1.2 CILJI NALOGE

V nalogi bomo skušali ugotoviti ali ima prisotnost rdečega srca v bukovem lesu vpliv na velikost krčenja tega furnirja pri sušenju, v primerjavi s čistim bukovim lesom brez prisotnosti rdečega srca pri enakih pogojih hidrotermične obdelave.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 BUKEV (*Fagus sylvatica* L.)

2.1.1 Osnovne značilnosti

Bukev je naš najbolj razširjen listavec. Spada med evolucijsko primitivnejše listavce. Je naša najpomembnejša drevesna in lesna vrsta. Spada med difuzno porodne listavce, in ima majhne, večinoma le z lupo vidne difuzno razporejene traheje velikosti okoli 100 μm . Traheje so po ranem in kasnem lesu porazdeljene enakomerno in imajo v obeh primerih približno enak premer. Traheje imajo večinoma enostavne perforacije. Traheje so pogosto tudi zatiljene. Trakovno tkivo je heterogeno (2-4 redno, pa tudi 10 in večredno). Trakovi so povezani s trahejami, preko polobokanih pikenj, ki se nahajajo običajno na koncih trahej. Aksialni parenhim je obilnejši kot pri iglavcih in je večinoma apotrahealen (ni v stiku s trahejami). Les je rdečkasto-bel normalno brez jedrovine. Ima značilne in široke trakove, ki so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni pa kot več milimetrov široka zrcalca. Ima dokaj visoko gostoto. Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu navadno pojavlja nepravilno oblikovan, rdečerrjav diskoloriran les – rdeče srce. Za rdeče srce je značilno močno otiljenje trahej. Branike so razločne. Kasni les z manj trahejami je nekoliko temnejši od ranega. Les je trd, se zelo krči in nabreka. Dimenzijska stabilnost je neugodna, trdnostne lastnosti so glede na gostoto nadpovprečno visoke. Delež juvenilnega lesa je zanemarljiv, dokaj pogost je obilnejši pojav tenzijskega lesa (Čufar, 2002).

Nezaščiten bukovina je podvržena okužbi z glivami in insekti, zato je potrebna hitra in pravilna manipulacija po poseku. Bukovino parijo zaradi zmanjšanja notranjih napetosti in izenačevanja barve. Tako se po parjenju zmanjša nevarnost pokanja in zvijanja, les pa dobi bolj enakomerno barvo. Les mora biti pred parjenjem vlažen, sicer obstaja nevarnost pojava madežev. Bukov les se dobro mehansko obdeluje; žaga, lušči ali reže v furnirje. Dobro se da stružiti, brusiti in polirati. Z lahkoto se žeblija, vijači in lepi.

2.1.2 Napake v bukovem lesu

Napake v bukovem lesu lahko razdelimo na dve vrsti:

- rastne napake, nastale kot posledica fizioloških dejavnikov rasti,
- napake povzročene z zunanjimi dejavniki.

Najpogostejše rastne napake v bukovih hlodih, ki imajo vpliv na kakovost hlodov in kasneje na kakovost luščenega furnirja in poslabšujejo tudi izkoristek lesa, so:

- grče (velike grče premera nad 1cm in manjše grče premera do 1cm),
- diskoloriran les - rdeče srce bukve,
- tenzijski les,
- zavitost in ovalnost,
- ostale napake.

Vse te napake imajo nedvomno svoj del vpliva na končni izkoristek pri izdelavi furnirja. Ker se v nalogi posvečamo predvsem vplivu diskoloriranega lesa - rdečega srca na krčenje furnirja pri sušenju, bomo izmed rastnih napak bolje opredelili to napako.

2.1.3 Diskoloriran les – rdeče srce bukve

Med vrstami, ki tvorijo diskoloriran les so številni predstavniki difuzno poroznih listavcev. Zanje je značilno, da sposobnost prevajanja vode, in s tem tudi vlažnost tkiva, postopno upada od periferije proti notranjosti debla. V isti smeri upada tudi vitalnost parenhimskih celic, ki pa lahko preživijo tudi 100 let in več, če v njihovem življenju ne pride do nenadne smrti pod vplivom zunanjega dejavnika, ki sproži tudi nastanek diskoloriranega lesa.

Nastanek diskoloriranega lesa (rdečega srca) pri bukvi si razlagamo na sledeč način: v beljavi bukve v smeri od kambija proti strženu upada sposobnost prevajanja vode, vlažnost tkiva in vitalnost parenhimskih celic. Še posebej je ta pojav izrazit pri drevesih, ki imajo dolgo deblo z velikim premerom in majhno krošnjo. Notranje, bolj suhe plasti lesa imenujemo zrela sredica ali sušina, ki jo je pri posekanem drevesu mogoče opaziti kot svetlejšo cono. Na območju sušine se v lumnih parenhimskih celic kopičijo predhodnice jedrovinskih snovi, večinoma fenoli. Kadar pride do večje mehanske poškodbe drevesa, npr. odloma veje, ta omogoči vdor kisika na območje sušine, kar sproži proces oksidacije, kondenzacije in polimerizacije ter zmanjšanja topnosti predhodnic jedrovinskih snovi. Ti procesi sprožijo naglo smrt parenhimskih celic, stik jedrovinskih snovi in encimov pa sproži encimatsko oksidativno obarvanje (Čufar, 2002).

Medtem ko se v jedrovini nizkomolekularne jedrovinske snovi inkrustrirajo v celično steno, nastanejo pri diskoloriranem lesu visokomolekularne jedrovinske snovi ki se ne inkrustrirajo v celično steno, ampak ostanejo v lumnih celic. Omejene so pretežno na parenhim in ne prispevajo k povečani trajnosti in stabilnosti lesa (Čufar, 2002).

2.1.4 Tehnični podatki za bukov les

Gostota: $r_o = 680 \text{ kg/m}^3$.

E-modul, upogibni (vzporedno s potekom aksialnih elementov): $16\,000 \text{ N/mm}^2$.

Upogibna trdnost (vzporedno s potekom aksialnih elementov): 105 N/mm^2 .

Tlačna trdnost (vzporedno s potekom aksialnih elementov): 53 N/mm^2 .

Natezna trdnost (vzporedno s potekom aksialnih elementov): 135 N/mm^2 .

Strižna trdnost (vzporedno s potekom aksialnih elementov): 8 N/mm^2 .

Krčenje:

Vzdolžno: $\beta_t \approx 0,3 \%$

Tangencialno: $\beta_t \approx 11,8 \%$

Radialno: $\beta_r \approx 5,8 \%$

Diferencialno nabrekanje (ob spremembi vlažnosti za 1%):

$Q_{rad} = 0,2 \%/%$

$Q_{tan} = 0,41 \%/%$

Toplotna prevodnost, pravokotno na potek aksialnih elementov, pri $u = 15\%$ in gostoti $r = 720 \text{ kg/m}^3$: $0,157 \text{ W/mK}$ (Vsi podatki po Čufar, 2001)

2.2 IZDELAVA LUŠČENEGA FURNIRJA

2.2.1 Skladiščenje in zaščita hlodovine

V predpripravo bukove hlodovine za luščenje štejemo skladiščenje in zaščito bukove hlodovine proti biotskim in abiotskim dejavnikom poškodb.

Biotski dejavniki poškodb:

- razvoj in delovanje gliv na lesu (glive iz skupin *Ascomycotinae* in *Zygomycotinae*),
- razvoj in delovanje primarnih ter sekundarnih insektov
- delovanje bakterij.

Abiotski dejavniki poškodb:

- delovanje atmosferilij, kar povzroči nastanek čelnih in tudi površinskih razpok,
- poškodbe povzročene pri transportu hlodovine do skladišča,
- poškodbe nastale zaradi manipulacije na skladišču.

Poglavitne zaščitne mere proti obema skupinama dejavnikov poškodb so:

- hlodi na skladišču hlodovine morajo biti nekoliko dvignjeni od tal,
- polivanje bukove hlodovine z vodo, ko dnevna temperatura naraste nad 10°C in
- potapljanje hlodovine v bazen z vodo.

Zaradi neenakomerne razporeditve vlažnosti v svežem hlodu in zaradi povečanega vodnega toka v vzdolžni smeri lesnih celic, nastane kmalu po poseku hloda, velika nevarnost nastanka čelnih razpok. Pri krajših hlokih je ta nevarnost še večja. (Kollmann s sod., 1975). Avtor navaja nekaj osnovnih zaščitnih ukrepov proti nastanku čelnih razpok:

- potapljanje hlokov v vodo,
- čelna zaščita hlokov z različnimi premazi, ki preprečujejo vodno difuzijo,
- mehanska zaščita s pomočjo kovinski sponk S in C oblike.

Mc Millan, je v reviji U.S.Forest Products Laboratory, (Kollmann s sod., 1975) objavil seznam sledečih zaščitnih premaznih sredstev proti vodni difuziji s čel hlokov:

- emulzije iz voskov,
- lateks z dodatkom aluminijevega pigmenta,
- transparentna strjujoča se olja z dodatkom kopal smole in tudi na bazi kopal smole.

V nadaljevanju navaja, da morajo biti spomladi ta premazna sredstva nanesena na čela hlokov v treh do šestih tednih po poseku hlokov, jeseni pa najkasneje v devetih tednih po poseku. Nanos mora biti primerno tanek, fleksibilen in dobro oprijemljiv, da pri manipulaciji s hloki ne odpade.

2.2.2 Hidrotermična obdelava hlodovine za luščenje

Furnir je lahko izdelan po treh postopkih: z žaganjem, rezanjem ali luščenjem. V svetu prevladujeta postopka z rezanjem in luščenjem. Tako se proizvede 98 % vsega furnirja.

Hlodovina mora biti predhodno hidrotermično obdelana, da postane les pred luščenjem dovolj plastičen. Hidrotermično ni potrebno obdelovati samo hlodovino, ki ima zelo mehek les in les nizke gostote, kot so: ameriška lipa (*Tilia Glabra* Vent.), ameriški topol (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh.), orfordska cedra (*Chamaecyparis lawsoniana* Parl.), smreka sitka (*Picea sitchensis* Carr.) in rumeni topol – tulipanovec (*Liriodendron tulipifera* L.), (Kollmann, 1975). Od domačih evropskih drevesnih vrst, ki se običajno predelujejo v furnir, ni potrebno toplotno obdelovati topole (*Populus Sp.*), trepetlike (*Populus tremula*).

Za hidrotermično obdelavo se uporabljajo sledeči postopki (Kollmann s sod., 1975):

- »kuhanje« v vroči vodi, pri čemer pa je temperatura vode nižja od 100°C,
- direktno parjenje,
- indirektno parjenje.

Postopek kuhanja se ne uporablja tako pogosto, kot postopka z direktnim in indirektnim parjenjem (Kollmann s sod., 1975). S tem postopkom se les hlodovine dodatno navlaži, tako da ima po kuhanju običajno več kot 100 % vlažnost (Mesić, 1998). Zato je postopek sušenja furnirja izdelanega iz kuhanih hlodov daljši, kot je postopek sušenja furnirja, ki je toplotno obdelan po direktnem ali indirektnem načinu parjenja.

Prednost indirektnega parjenja hlodovine je v:

- postopnejše naraščanje temperature v parilni jami in posledično v hlodovini,
- manj poškodb na hlodovini zaradi parjenja, predvsem manj čelnih razpok, boljši izkoristek,
- možno vračanje kondenzata v ponovno pripravo za paro.

Prednost direktnega parjenja hlodovine je v:

- manjši stroški napeljave cevovodov za paro,
- izhod pare z nižjim tlakom.

Celotni proces hidrotermične obdelave lahko po Mešiču (1998) razdelimo na tri faze:

- segrevanje,
- parjenje ali »gretje« (prevajanje toplote) in
- izenačevanje temperature.

Prva faza segrevanja jame traja do trenutka, ko je dosežena ciljna temperatura na površini hlodov in traja od 3– 6 ur, v zimskem času pa do 12 ur (Mešič, 1998).

Druga faza poteka od trenutka, ko je na površini hlodov dosežena ciljna temperatura, do takrat, ko je v ciljni globini hloda dosežena ciljna temperatura. V tej fazi gre za proces prevajanja toplote (kondukcija) skozi vlažno hlodovino. Pri trdnih telesih so nosilci energije predvsem prosti elektroni in vibracijska energija atomov in molekul. V tekočinah

pa se toplota prenaša z difuzijskim gibanjem molekul in prenosom vibracij med sosednjimi molekulami (Kollmann s sod., 1984).

Na toplotno prevodnost imajo vpliv gostota lesa, vlažnost lesa, temperatura, ekstraktivi in defekti (grče, razpoke) ter smer prevajanja toplote skozi les. Toplotna prevodnost narašča z naraščajočo gostoto, vlažnostjo in temperaturo. vzdolžno je približno 2x večja kot radialno ali tangencialno (Gorišek s sod., 1994).

Toplotna prevodnost lesa z vlažnostjo nad 40% v odvisnosti od gostote je definirana kot (Gorišek s sod., 1994):

$$\lambda = (d - (21,65 + 5,48 u) + 4,01 \cdot v_a) \cdot 10^{-2} [W/mK] \quad \dots(1)$$

d razmerje med nominalno gostoto (R_n) in gostoto vode pri 4°C.

R_n razmerje med maso suhega lesa in volumnom lesa pri določeni vlažnosti

v_a poroznost lesa, delež por v vlažnem lesu

Čas potreben za segretje parilne jame do dosežene začetne temperature v jami je odvisen od letnega časa, oziroma zunanjih temperatur. Temperaturo v parilni jami je potrebno dvigovati postopoma, zlasti če imamo opravka s svežo hlodovino in če so zunanje temperature nizke (Mešič, 1998).

Preglednica 1 prikazuje najnižje še sprejemljive temperature hidrotermične obdelave za posamezne drevesne vrste (Mesić, 1998).

Preglednica 1: Okvirne temperature parjenja hlodovine različnih drevesnih vrst.

drevesna vrsta	temperatura °C
breza	30 - 40
bukev	40 - 50
bor	50 - 70
hrast	55 - 60
oreh	75 - 80

Poraba pare pri parjenju bukove hlodovine po indirektnem postopku znaša 131 do 142 kg/m³. Poraba pare pri direktnem postopku je za pribl. 40 % večja, kot poraba pri indirektnem postopku. Dviganje temperature pri indirektnem postopku je bolj enakomerno in bolj postopno, kar je boljše za les bukove hlodovine. Zato nastane pri indirektnem postopku toplotne obdelave manj napak (predvsem čelne razpoke), ki jih povzročata temperaturni stres (Kollmann s sod. in Hausmann, 1955).

Temperature pri indirektnem postopku hidrotermične obdelave so za večino lesov običajno med 50 in 100°C. Priporočene temperature za dobro luščenje mehkih vrst lesov, so glede na njihovo gostoto običajno višje, kot priporočene temperature pri lesovih z višjo gostoto. To navidezno nesorazmerje verjetno izhaja iz razlik v anatomski strukturi celic in celičnih sten pri ranem in kasnem lesu (Kollmann s sod., 1975).

Optimalno temperaturo hidrotermične obdelave določajo specifične lastnosti lesa, ki ga toplotno obdelujemo: specifična gostota, prisotnost trdih grč, nagnjenost h čelnemu pokanju hlodovine, želja po spremembi barve lesa (Fleischer, 1959).

Tretja faza hidrotermične obdelave bukove hlodovine je stabilizacija oziroma ohlajevanje in izenačevanje temperature. Mešič (1998) navaja, da je potreben čas za ohlajevanje pri neparjeni – »greti« hlodovini 4 do 6 ur, da se temperature po globini hloda izenačijo. Pri parjeni hlodovini pa se temperatura po končani toplotni obdelavi temperatura na površini hloda ne dviga več, od 5 cm globine proti notranjosti pa se v štirih urah po končanem parjenju temperatura dvigne še približno za 4°C do 6°C. Zato je pri parjeni hlodovini potreben daljši čas za ohlajevanje, kot pri »greti« hlodovini. Parjena hlodovina je primerna za luščenje, ko se ohladi na približno 40°C. Na splošno velja, da je izkoristek pri furnirju, ki je bil izdelan iz hidrotermično obdelane hlodovine večji, kot pri furnirju, katerega hlodi niso bili toplotno obdelani (Kollmann s sod., 1975).

2.2.2.1 Vsebnost vode v hidrotermično obdelani hlodovini

S hidrotermično obdelavo se spreminja vsebnost vode v lesu hlodovine. Pri lesu, ki je imel pred parjenjem vsebnost vode večjo od točke zasičenosti lesnih vlaken, se s parjenjem izgubi del vode; les ki pa je imel pred parjenjem nižjo vsebnost vode od točke zasičenosti lesnih vlaken, pa po parjenju pridobi en del vode (Mesić, 1998). Količina vode v lesu vpliva na režim sušenja furnirja.

Mesiću (1998), trdi, da izgubi les več vode, če je bila hlodovina hidrotermično obdelana z višjim tlakom pare. Isti avtor navaja, da ima les parjen pri atmosferskem tlaku, po obdelavi vlažnost 45% do 55 %.

2.2.2.2 Mehanske lastnosti hidrotermično obdelanega lesa

S procesom hidrotermične obdelave in z njeno jakostjo, se zmanjšuje trdnost lesa. Hkrati pa se povečuje plastičnost lesa, kar ima ugoden vpliv na prodiranje noža v les pri procesu luščenja. Plastičnost lesa je od drevesne vrste do drevesne vrste različna (Mesić, 1998). Odvisna je od poroznosti lesa, vlažnosti lesa, temperature lesa in posebnosti njegove kemijske zgradbe.

S hidrotermično obdelavo se začne v lesu številne kemijske spremembe v njegovih kemijskih sestavinah. Pod vplivom toplote in vode se začne proces hidrolizne razgradnje hemiceluloz v pentoze, heksoze in blage organske kisline. Te kisline delujejo kot katalizatorji, ki še povečujejo učinek hidrolizne razgradnje med molekulami hemiceluloz (pri listavcih predvsem O-acetyl, 4-O metil glukurono ksilani) in molekulami lignina. Zaradi teh kemijskih procesov se zmanjšajo elastičnost, higroskopnost in trdnost lesa. Poleg sprememb na hemicelulozah se zaradi termične obdelave omehča tudi lignin (fenilpropanske enote gvajacilnega lignina). Spremenijo se tudi pektini, ki se pretvorijo v snovi, ki se lahko izpirajo. (Mešič, 1998).

Ker s toplotno obdelavo povečujemo plastičnost lesa in mu spremenimo barvo, moramo paziti na višino temperature in čas toplotne obdelave. V primeru, da preveč povečamo plastičnost lesa, bo imel furnir izdelan iz takega lesa, slabše mehanske lastnosti in

posledično slabše mehanske lastnosti tudi plošče izdelane iz takega furnirja. Zmanjšala bi se upogibna trdnost, modul elastičnosti, strižna trdnost in trdota. Če pa je temperatura toplotne obdelave prenizka, pa ima les še vedno veliko trdoto, elastičnost in žilavost. Furnir izdelan iz takega lesa, je bolj zadržan, razpokan in neenakomerne debeline. Zato je potrebno izbrati ustrezen režim toplotne obdelave hlodovine.

2.2.2.3 Sprememba barve lesa

Po procesu hidrotermične obdelave, nastanejo na večini lesov barvne spremembe. Pri bukovini nastane sprememba barve zaradi izluževanja hidrolizirajočih in kondenzirajočih taninov (Mesić, 1998). Nekateri avtorji navajajo (Mesić, 1998), da prihaja v predhidrolizatu pri bukovem lesu pri nizkem tlaku pare, do ekstrakcije kondenzirajočih taninov (pirokatelinski tanini), ki obarvajo les. Pri višjih tlakih pare pa nastanejo tudi fenolni razgradni produkti zelo komplicirane sestave. V začetku parjenja dobiva bukovina rožnato barvo, ki z višanjem temperature prehaja v temnejšo, rdečkasto in rdeče-rjavo barvo. Kolikor je pri isti temperaturi proces parjenja daljši, toliko večja je sprememba barve. Na spremembo barve lesa in na jakost spremembe vplivajo (Mesić, 1998):

- temperatura obdelave,
- trajanje obdelave,
- začetna vsebnost vode v lesu hlodovine,
- premer hlodovine,
- drevesna vrsta.

2.2.3 Izdelava luščenega furnirja

V svetu je 95% vsega furnirja izdelanega s postopkom luščenja (Kollmann s sod., 1975). Pri vsakem luščenju furnirja gre v principu za enak postopek. Hlod je s čela vpet med dve vreteni, ki hlod obračata z določeno obodno hitrostjo. Obenem pa se proti vpetemu hlodu s strani pomika voziček s tlačno letvijo in nožem. Tlačna letev in nož sta vpeti v močan nosilec, med njima pa je fiksna odprtina, ki je predpisana glede na debelino furnirja, ki se izdeluje. Tokom rotacije se kontinuirano brezstopenjsko pomika voziček z letvijo in nožem proti vpetemu hlodu za debelino furnirja. Pri tem nastaja luščen furnir. Pri pretoku lesne mase skozi odprtino med nožem in tlačno letvijo je les obremenjen na več načinov. Na eni strani tlačna letev les obremenjuje s tlačno silo in nastajajo tlačne deformacije, na drugi strani pa je furnir ob izhodu obremenjen na upogib in nastajajo upogibne deformacije, zaradi tega pa razpoke na spodnji strani furnirja. Namen tlačne letve je, da vrši tlak na hlod na mestu, kjer noževa konica zarezuje v hlod. Tlak ki ga letev vrši, preprečuje nastanek večjih razpok na spodnji furnirja (Kollmann s sod., 1975).

Kinematika luščenja furnirja je kompleksna. Luščenje je premočrtno odrezovanje pri čemer je rezalni rob vzporeden z vzdolžnim potekom vlaken. Glavno (rotacijsko) gibanje opravlja obdelovanec, premočrtno gibanje pa opravljata furnirski nož in tlačna letev. Obe gibanji tvorita sestavljeno gibanje, ki ga opišemo z arhimedovo spiralo (arhimedovo spiralo opiše točka, ki potuje okrog izhodišča in se oddaljuje sorazmerno s kotom). (Kollmann s sod., 1975). Enačba arhimedove spirale v polarnem koordinatnem sistemu je:

$$r = a \cdot \varphi \quad \dots 2$$

r radij približevanja k izhodišču

a razdalja približevanja ob enem vrtljaju

φ kot približevanja

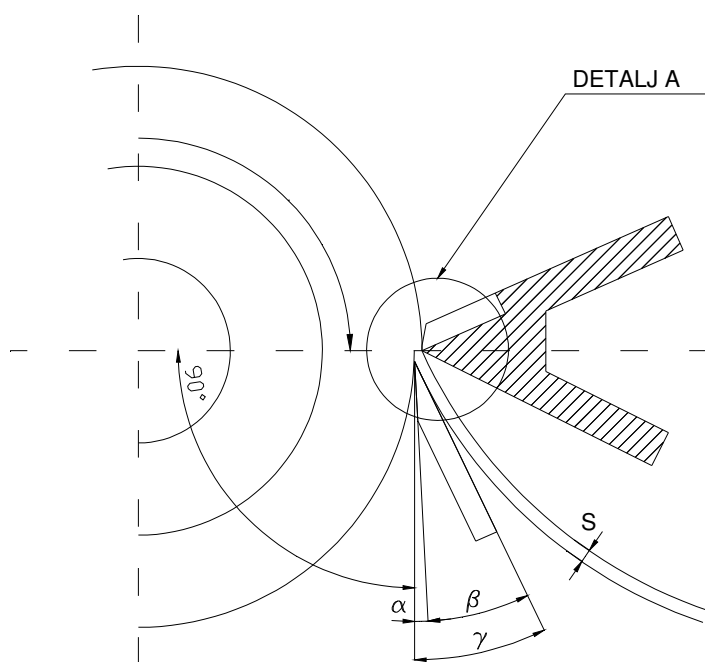
Pravilen položaj nastavitve noža in tlačne letve za izdelavo kakovostnega furnirja je bil ugotovljen šele po večletnih raziskavah in poskusih. Kronološki razvoj prvih poskusov postavitve pravega razmerja in položaja med nožem in tlačno letvijo je opisal Schreve (Kollmann s sod., 1975). Najbolj kakovosten furnir je bil izdelan z izvedbo v osnovi vertikalne postavitve noža, ter poševne postavite letve, ki pritiska na hlod v konici noža. O tej izvedbi je prvi poročal Fleischer (1949). Navaja, da se dosega optimalna kakovost furnirja, če nastavitveni kot noža med luščenjem variira med $89,5^\circ$ do $90,5^\circ$, za nekatere drevesne vrste do 92° . Pri luščenju debelejšega furnirja (npr. 3,2 mm) je potreben nižji nastavitveni kot noža, kot pri luščenju tanjšega furnirja (npr. 1,2 mm). Nastavitveni kot je kot med prvo, brušeno stranjo noža in horizontalno ravnino, ki gre skozi središče vpetja hloda.

Zelo pomemben je tudi naklonski kot noža (α). Če je ta prevelik, nastajajo na konici noža vibracije zaradi neustreznega rezalnega položaja, ko konica noža prehaja skozi rani in kasni les branik. Te vibracije povzročajo slabo gladkost in neenakomerno debelino furnirja, nepravilna pozicija noža pa slabo rezanje (Kollmann s sod., 1975). Naklonski kot noža je lahko nepravilen tudi zaradi nepravilnega kota brušenja noža (β) in ne samo zaradi napačne začetne postavitve naklonskega kota noža pri vpetju v stroj. Velikost naklonskega kota se spreminja s padanjem premera hloda. Tako znaša naklonski kot noža pri premeru

hloda 80 cm, 3°, pri premeru hloda 12 cm pa 0°. Če je vrednost tega kota na spodnji meji, ko ima hlod še večji premer od 12 cm, pritiska telo noža ob hlod zaradi česar pride do prevelikega trenja med nožem in hlodom. Posledica so mehanske poškodbe na hlodu in tudi na furnirju (Mesić, 1998).

Kot brušenja noža (β) je različen za različne lesove, zaradi specifične gostote posameznih lesov in zaradi ostalih anatomskih posebnosti različnih lesov. Praksa je pokazala, da je optimalni kot brušenja noža pri luščenju trdih lesov kot je npr. bukev, 20° do 21°, pri luščenju mehkejših lesov (smreka) pa 20° do 23° (Kollmann s sod., 1975). Drugi avtorji pa navajajo, da naj bo kot brušenja noža pri luščenju bukovega furnirja 19° do 22°, pri luščenju mehkejših lesov pa 20° do 23° (Mesić, 1998).

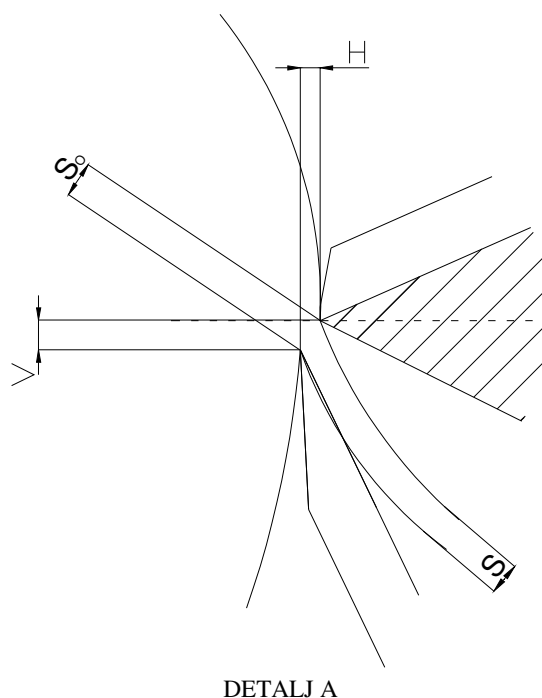
Naklonski kot noža (α) in kot brušenja noža (β), tvorita kot luščenja (γ). Kot luščenja se spreminja toliko kolikor se spreminja kot α , to je za razliko od 2,5° (tudi 3°) do 0°. Ta kot se med luščenjem zmanjšuje skupaj z zmanjševanjem premera hloda (Mesić, 1998). Slika 1 prikazuje položaje omenjenih kotov pri optimalni nastavitvi geometrije noža in tlačne letve. Oznaka S označuje nazivno debelino furnirja.



Slika 1: Oznake nastavitvenih kotov za luščenje furnirja.

Slika 2 prikazuje razdalje V, H, S in S_0 . Oznaka V pomeni vertikalno razdaljo med konico noža in spodnjim robom tlačne letve, oznaka H pomeni horizontalno razdaljo med konico noža in sprednjim robom tlačne letve, oznaka S označuje nominalno debelino furnirja, oznaka S_0 pa najkrajšo razdaljo med konico noža in konico tlačne letve. Prehod je vedno za

nekaj odstotkov nižji kot znaša nominalna debelina luščenega furnirja. Ta odstotek je odvisen, od gostote lesa, ki ga luščimo.



Slika 2: Razdalje V , h , S in S_0 med konico noža in konico tlačne letve.

Mesić (1998), navaja, da je velikost tlaka, ki ga vrši tlačna letev na hlod različna za različne drevesne vrste. Tako je potreben manjši tlak pri mehkejših drevesnih vrstah in drevesnih vrstah z nižjo gostoto kot pri trših drevesnih vrstah in drevesnih vrstah z višjo gostoto. Na velikost tlaka vplivajo: temperatura hloda, vlažnost lesa in debelina furnirja. V preglednici 2 so prikazani odstotki zgnetljivosti, glede na debelino furnirja in glede na temperaturo hloda pri luščenju (Mesić, 1998).

Preglednica 2: Odstotki zgnetljivosti lesa pri luščenju določenih vrst lesa (Mesić, 1998).

Debelina furnirja v mm	Temperatura lesa jelka in breza (°C)	Temperatura lesa bor (°C)	Odstotek zgnetljivosti
0,6 – 0,8	20 - 25	30 - 40	10 - 20
nad 0,8 – 1,5	25 - 30	40 - 50	10 - 25
nad 1,5 – 2,5	25 - 35	40 - 50	20 - 30

V preglednici 2 niso navedene vrednosti za bukev, vendar bi jih lahko primerjali z vrednostmi za bor (les bora vsebuje predele z višjo gostoto – območje grč), predvsem zaradi potrebne temperature hloda za luščenje.

Podobne podatke navajajo tudi drugi avtorji. Med njimi je zanimiv podatek o potrebnem tlaku zgnetljivosti, ki ga navaja Mesić (1998):

% tlaka $S_o (\Delta) = 0,76 \cdot S$ za mehke lesove kot so topol, smreka, okume

% tlaka $S_o (\Delta) = 0,86 \cdot S$ za trde lesove kot sta bukev in hrast, kjer pomeni:

S_o razdalja med konico noža in konico tlačne letve

S nominalna debelina furnirja

Nominalna debelina furnirja (S) je na osnovi navedenih podatkov definirana kot:

$$S = S_o / (1 - (\Delta/100)) \quad [mm] \quad \dots(3)$$

Vrednosti vertikalnih in horizontalnih razdalj med konico noža in tlačno letvijo pa se izračunajo na osnovi znane razdalje S_o , ki je definirana zaradi pravilnega tlaka na hlod. Tako sta vrednosti omenjenih razdalj sledeči (Mesić, 1998)

$$V = S_o \cdot \sin \varphi \quad \dots(4)$$

$$H = S_o \cdot \cos \varphi \quad \dots(5)$$

Hitrost luščenja furnirja (v) na luščilnem stroju pa je definirana kot (Mešič, 1998):

$$v = \pi \cdot n \cdot r / 30 \quad [m/s] \quad \dots(6)$$

V formuli (6) je n vrtilna hitrost vpenjalnega vretena v katerega je vpet hlod. Pri luščenju furnirja ostaja običajno obodna hitrost hloda konstantna kljub padanju premera hloda.

2.2.4 Sušenje furnirja

2.2.4.1 Razvoj in vrste sušilnih naprav

Sušenje furnirja se v tehnoloških procesih v novejšem času običajno izvaja v pretočnih sušilnih kanalih, ki so sestavljeni iz več prekatov ali segmentov. Dolžine transportnih valjev pri takih sušilnih kanalih so v Evropi od 4 m do 4,6 m, dolžine kanalov pa so od 8 m do 30 m. Transport furnirja skozi sušilne kanale se vrši s pomočjo vrtečega se neskončnega mrežnega traka, ali kontinuirano vrtečih se jeklenih valjev. Z enim pretokom furnirja skozi celo dolžino sušilnega kanala je furnir posušen. Grelni medij je običajno visokotlačna para, ki ogreva zrak v posameznih komorah sušilnega kanala. Prve sušilne kanale te vrste so imele izvedeno kroženje zraka skozi celoten volumen vsake komore, skozi katere je potoval furnir. V petdesetih letih pa so v Nemčiji patentirali sistem »*Jet Dryers*«, ki je imel revolucionarno novost – dodatne vpihovalne šobe za zrak. Pri tem sistemu se zrak iz ventilatorjev usmerja v zračne kanale konične oblike (prerez pribl. 20x20 cm). Zrak se vpihuje pravokotno na furnir s povišanim tlakom. Zaradi večjega tlaka zraka in tudi istočasne visoke temperature je postalo sušenje s tem sistemom učinkovitejše (Kollmann s sod., 1975).

Tračne in valjčne sušilne kanale lahko imenujemo tudi konvencionalne sušilnice za furnir. V zadnjih 60 letih so se razvijale in proučevale tudi posebne metode sušenja furnirja. Te metode so: vakuumsko sušenje, sušenje z infra žarki in visokofrekvenčno sušenje. Zamisli pri posameznih metodah so bile, da bi izboljšali rezultate sušenja, predvsem da bi dobili furnir z bolj enakomerno vlažnostjo po sušenju ali da bi dobili bolj raven in manj razpokan furnir. Noben od treh naštetih sistemov se ni uveljavil v masovni proizvodnji furnirja, predvsem zaradi previsoke porabe energije in premajhnih kapacitet sušilnih naprav (Kollmann s sod., 1975).

2.2.4.2 Fizika sušenja furnirja

V sodobnih sušilnih kanalih se izvaja proces sušenja furnirja z zagotavljanjem primerno visoke temperature zraka in kroženjem vročega zraka, kjer gre za sistem prisilne konvekcije. Prvotni sušilni kanali so imeli izvedeno ogrevanje tako, da je temperatura skozi posamezne komore od začetka sušilnice proti koncu postopno naraščala (Kollmann s sod., 1975). Novejši visoko produktivni sušilni kanali pa imajo v prvih komorah višjo temperaturo grelcev, kot v zadnjih komorah. Tako izvedbo grelcev ima npr. sušilni kanal proizvajalca Babcock BSH. Z dovolj visoko temperaturo in s kroženjem zraka na začetku sušenja je zagotovljen hiter odvzem proste vode, ki izhlapi iz celičnih lumnov furnirja in odvzem vezane vode iz celičnih sten. Parna difuzija skozi celice in celične stene pa se začne zaradi razlik med zračnim tlakom, ki je v celičnih lumnih in stenah, ter zračnim tlakom zraka v sušilni komori.

Prva znanstvena proučevanja fizike sušenja furnirja sta izvajala v letih od 1952 do 1953 *Keylwerth* in *Fleischer* ter v letih 1963 *Milligan*, in 1964 *Fessel*. Po končanih raziskavah so sprejeli osnovne principe sušenja. Celoten potek sušenja zajema (Kollmann s sod., 1975):

- kondenzacija vodne pare na površini furnirja pri procesu segrevanja furnirja,
- konstantno sušenje do točke nasičenosti lesnih vlaken, ko vsa kapilarna voda izpari,

- sušenje pod točko nasičenosti lesnih vlaken z difuzijo vezane vode.

Mesić (1998) pri sušenju furnirja navaja samo dve fazi:

- sušenje nad točko nasičenosti lesnih vlaken,
- sušenje pod točko nasičenosti lesnih vlaken.

Stopnja segrevanja furnirja narašča s padanjem vlažnosti furnirja (Fleischer, 1959). V diagramu z dvojno logaritemsko skalo je zveza med stopnjo osušitve furnirja in vsebnostjo vode približno linearna. Zvezo med upornostjo lesa pri sušenju furnirja (R) in koeficientom sušenja (C), lahko zapišemo z izrazom (Kollmann s sod., 1975):

$$1/\sqrt{C} = R_{iD} + R_{eD} \quad \dots(7)$$

Pri čemer je:

C . . . koeficient sušenja

R_{iD} . . . notranja difuzijska upornost lesa

R_{eD} . . . zunanja difuzijska upornost na meji med lesom in sušilnim sredstvom

Na osnovi eksperimentalnih podatkov in izračunane formule so prišli do zaključkov:

- z naraščanjem debeline furnirja (1mm:2mm:3mm), sušilna upornost ne narašča proporcionalno z debelino, ampak približno v razmerju: $(1 + R_{eD}) : (2 + R_{eD}) : (3 + R_{eD})$,
- zunanja difuzijska upornost narašča z naraščanjem vlažnosti sušilnega medija,
- povečevanje količine sušilnega medija (npr. večanje količine zraka) vpliva na povečevanje prenosa toplote.
- pri infinitezimalno majhni sušilni hitrosti (*drying rate*), zunanja difuzijska upornost na meji med lesom in sušilnim sredstvom izgine, in je enaka 0,

Zaključki te raziskave so bili s pridom uporabljeni v inovativni rešitvi vpihovanja zraka na površino furnirja skozi šobe pod visokim tlakom (*jet dryers*).

V prvi fazi sušenja se začne kondenzacija vodne pare na površini furnirjev, v prvih segmentih sušilnega kanala. Druga faza, sušenje do točke nasičenosti lesnih vlaken poteka v nadaljnjih dveh, treh ali štirih sušilnih segmentih, kar je odvisno od izvedbe sušilnice. V tej fazi še ne prihaja do krčenja in pokanja furnirja, zato so v tem delu sušilnika temperature zraka lahko nekoliko višje. Sušenje pod točko nasičenosti celičnih sten pa se začne v tretji fazi sušenja, ki je v sušilnici v zadnjih sušilnih segmentih. V tej fazi sušenja prihaja do krčenja in pokanja furnirja. Pokanje furnirja je izrazito predvsem na čelih, kjer je običajno že pred sušenjem vlažnost furnirja nekoliko nižja. Razlogi za to so naslednji:

- čela hlodov in furnirjev so tekom operacije luščenja odprta in se že tam izvede delni proces naravnega sušenja z odvajanjem vodne pare v aksialni smeri,
- hitrejše in večje odvajanje vode je iz čelnih aksialnih elementov lesa tudi tekom sušenja v sušilnem kanalu.

Kot zaščita večjega pojavljanja čelnega pokanja furnirja se lahko čela furnirja pri čakanju na sušenje, vlaži z vodo (Mesić, 1998).

Primerna zračna klima (relativna zračna vlaga in temperatura) v sušilnem kanalu se zagotavlja s kontinuiranim prisilnim kroženjem zraka in nadzorovanim odvajanjem nasičenega zraka iz sušilnega kanala skozi zračne kanale z loputami. Vse novejšje izvedbe furnirskih sušilnih kanalov imajo izvedeno avtomatsko uravnavanje nastavljenih klime. Uravnavanje se izvaja na osnovi kontinuiranega merjenja trenutne zračne vlažnosti in primerjanja te vlažnosti z nastavljenimi ciljnimi vlažnostmi. Avtomatika danim pogojem zračne vlažnosti avtomatsko regulira odprtost/zaprto zračnih loput, da se ohranja primerna zračna vlažnost v sušilnem kanalu. V principu pomenijo preveč odprte lopute nižjo relativno zračno vlažnost v sušilnem kanalu in s tem tudi ostrejšo klimo, kar privede do večjega čelnega pokanja furnirja. Preveč zaprte lopute pa pomenijo preveč nasičeno zračno vlažnost v sušilnici, s tem tudi slabše sušenje in prevlažen furnir (Mesić, 1998).

Nadzor nad vsebnostjo vlage v furnirju po sušenju se lahko izvaja tudi z avtomatsko regulacijo hitrosti pomika furnirja skozi sušilnico. Ta regulacija se izvaja na osnovi merjenja dejanske vhodne in izhodne vlažnosti furnirja, ter nastavljenih ciljnih končnih vlažnosti. Regulacija pomika je možna samo, če so naprave za zaznavanje dejanske vlažnosti dovolj natančne. Kljub temu, pa je končni rezultat samo čim boljši približek ciljnih končnih vlažnosti. To je zato, ker je začetna vlažnost furnirja običajno zelo različna. Že sama razporeditev vlage v hlodu je po dolžini in po premeru različna, tako da ima tudi iz takih hlodov narejen furnir, različno vlažnost (Mesić, 1998).

2.2.4.3 Vlažnost furnirja, temperatura in čas sušenja

Začetna vlažnost furnirja pred sušenjem je zelo različna in lahko variira od 30% do 110%, najpogosteje med 50% in 80% (Mesić, 1998). Ciljna, končna vlažnost furnirja pa se običajno giblje v mejah od 6 – 9%, razen pri furnirju za VF lepljenje, kjer mora biti vlažnost nekaj odstotkov nižja. Merjenje vlažnosti lahko izvedemo ročno z električnimi uporabnimi vlagomeri, prirejenimi za posamezno vrsto lesa; vlagomeri ki so vgrajeni v sušilnici ali pa gravimetrično (Mesić, 1998) ter izračuna z izrazom (8):

$$W = ((m_v - m_o) / m_o) \cdot 100 (\%) \quad \dots(8)$$

Pri čemer je:

W ... vlažnost furnirja (%),

m_v ... masa mokrega furnirja (kg),

m_o ... masa absolutno suhega furnirja po sušenju v sušilniku (kg).

Temperature sušenja v valjčnih sušilnicah so običajno od 100°C do 165°C. Vendar pa je priporočena temperatura sušenja za posamezno drevesno vrsto različna. Tako je temperatura sušenja za furnir ameriškega bora precej višja in se giblje od 165°C do 205°C. Za bukov furnir so priporočene temperature v mejah od 150°C do 165°C, za hrastov pa so nižje in se gibljejo od 85°C do 90°C ker ima hrastov les izrazito aksialno usmerjena vlakna in je zato pri višjih temperaturah bolj dovzeten za pokanje (Kollmann s sod., 1975). Kollmann s sod., (1975) navaja, da se je učinkovitost sušenja z uvedbo sušilnic tipa *yet dryers*, povečala za od 25% do 50%.

Čas sušenja furnirja je odvisen od:

- drevesne vrste,
- začetne vlažnosti,
- klimatskih pogojev v sušilnici,
- priključne moči pare ali drugega medija,
- dolžine sušilnega kanala.

2.2.4.4 Krčenje furnirja pri sušenju

Les se pri procesu sušenja krči. Krčenje je naravna posledica izgube vezane vode iz celičnih sten pri procesu sušenja. Krčenje poteka v treh smereh: v vzdolžni smeri, v radialni smeri in v tangencialni smeri. Krčenje v vzdolžni smeri je najmanjše in ga pri sušenju furnirja lahko kar zanemarimo, ker ne vpliva bistveno na dimenzije furnirja po sušenju. Krčenje furnirjev v radialni smeri znaša od 4 do 6 %, krčenje v tangencialni smeri pa znaša od 7 do 12%. Točen podatek o krčenju v posameznih smereh je odvisen predvsem od drevesne vrste in njene posebnosti v anatomski zgradbi (Mesić, 1998).

Različnost krčenja v različnih smereh orientacije lesnih vlaken imenujemo krčitvena anizotropija. Ta je odvisna od razlik v krčenju med vzdolžnim vlakni, razlik v krčenju med radialnimi in tangencialnimi celičnimi stenami, razlik v krčenju celic ranega in kasnega lesa (Gorišek s sod., 1994).

Širinsko krčenje furnirjev (U_s) za končne vlažnosti furnirjev od 0 do 23%, se po *Sterlinu* izračuna z izrazom (Mesić, 1998):

$$U_s = (9 - 0,55 \cdot W_k^{08}) \cdot K_s \cdot K_t \cdot K_v \quad (\%) \quad \dots(9)$$

Pri čemer je:

- W_k . . končna vlažnost do katere se furnir suši,
 K_s . . . koeficient korekcije za debelino furnirja,
 K_t . . . koeficient korekcije za temperaturo sušenja,
 K_v . . . koeficient korekcije za vrsto lesa.

V preglednici 3 so prikazane vrednosti posameznih koeficientov, ki so navedeni v zgornji enačbi.

Preglednica 3: Koeficienti za izračun krčenja furnirja pri sušenju (Mesić, 1998)

Debelina furnirja v mm	1,5	1,8	2,2	3,6	
K_s	1,0	1,93	0,85	0,75	
Temperatura v °C	100	120	140	160	180
K_t	1,18	1,1	1,0	0,9	0,76
Vrsta lesa	breza	bukev	jelka		
K_v	1,0	0,9	0,85		
Končna vlažnost v %	5,0	6,0	10,0	12,0	
V_k	3,63	5,25	6,30	7,25	

Pri sušenju nastajajo zaradi krčenja furnirja notranje napetosti orientirane v različnih smereh. Posledica teh napetosti so deformacije, ki se pojavljajo na furnirju. Najbolj pogoste deformacije, ki jih v praksi imenujemo tudi napake nastale pri sušenju so: čelne razpoke, pake po površini, majhne površinske pokline, koritavost, zvitost. Ker našteje napake vplivajo na končni izkoristek od hloda do furnirja, je potrebno pri sušenju paziti, da se uporabi tak režim sušenja, ki bo povzročil čim manj napak. Poleg režima je pomembna tudi pazljiva manipulacija s furnirjem pred sušenjem in po sušenju, da ne bi zaradi nje nastale dodatne napake. Z raziskovanjem je ugotovljeno, da nastane pri sušenju trdih listavcev običajno od 5% do 20 % čelnih razpok (Mesić, 1998).

2.2.4.5 Potrošnja pare pri sušenju furnirja

Ker je najbolj pogost ogrevalni medij grelcev v sušilnicah visokotlačna para, je dobro poznati količino potrebne visokotlačne pare za osušitev določene količine furnirja. Kollmann s sod. (1975), navaja, da je povprečna poraba pare 1,7 kg/kg do 2 kg/kg izparjene vode pri sušilnih kanalih z *jet dryer* sistemom (sistem z vpihovalnimi šobami), medtem ko znaša poraba pare pri klasičnih pretočnih sušilnih kanalih brez tega sistema 1,75 kg/kg do 2,5 kg/kg izparjene vode. Odvisno od tipa sušilnega kanala, se lahko izračuna poraba pare v kg (P_u), po formuli:

$$P_u = (M_f \cdot W \cdot N) / 1000 A \quad \dots (10)$$

Pri čemer je:

M_f . . . količina furnirja, ki jo potrebno posušiti,

W . . . količina vode, ki mora izpareti (kg),

N . . . normativ porabe pare po kg izparjene vode (kg/kg),

A . . . število delovnih dni v letu.

Bukov furnir je dokaj zahtevno sušiti zaradi številnih specifičnih anatomskih posebnosti, ki jih ima. Glavni dejavnik, ki poleg atomske zgradbe vpliva na čas sušenja bukovega furnirja je različna začetna vlažnost furnirja. Začetna vlažnost pa je različna zaradi številnih dejavnikov, kot so:

- način, mesto skladiščenja hlodov (suho, polivanje, potapljanje),
- zaščita proti izsuševanju čel na skladišču,
- vrsta hidrotermične obdelave,
- vsebnost reakcijskega lesa (tenzijski les),
- rdeče srce, oksidativno obarvanje,
- področje sušin,
- adultni les,
- iz katerega dela debla se nahaja (koreničnik, krošenjski del),
- režim sušenja furnirja.

Zaradi številnih vplivov je potrebno izvajati kontrolo vlažnosti kontinuirano skozi ves proces sušenja s pomočjo avtomatskih merilnikov vlažnosti ali pa ročnim merjenjem v določenih časovnih presledkih.

2.3 IZDELAVA LUŠČENEGA FURNIRJA V PODJETJU NOVOLES

2.3.1 Prevzem bukove hlodovine za luščenje

Predpriprava bukovih hlodov za luščenje se začne na skladišču hlodovine, če ne upoštevamo, da že gozdarji v gozdu izbirajo bukove hlode, ki so primerni za luščenje. Predpisan minimalni srednji premer hloda, ki je še primeren za luščenje znaša 35 cm, maksimalni premer ni določen, je pa omejen z odprtino luščilnega stroja. Tako lahko znaša maksimalni premer pribl. 90 cm. Iz izkušenj pa vemo, da imajo najkakovostnejši bukovni hlodi za luščenje, premere od 40 cm do 55 cm. Osnova za prevzem hlodovine je interni standard za bukovo hlodovino za luščenje, ki je sestavljen na osnovi standarda EN 1316-1. Dobavljeno bukovo hlodovino v podjetje Novoles d.d., PC Vezan les, sortiramo v kakovostne razrede F, L, I. in II. Izmed dobavljene bukove hlodovine ima 60% do 65% delež hlodovina razreda L (ki vsebuje rdeče srce do 50 % premera hloda), sledi ji hlodovina razreda F (čisti hlodi po prerezu debla, brez vidnih napak in rdečega srca), ki predstavlja od 18% do 20 % dobavljene količine, ostalo je hlodovina I. in II. kakovostnega razreda.

Zelo je pomembno da vso prejeta hlodovino čim bolje izkoristimo. Količinski in kakovostni prevzem dobavljene hlodovine se vrši pri vsaki dobavi sproti. Zaradi prevelikih napak na dobavljenih hlokih se izvršijo tudi količinski odbitki, kar znese približno 1% od dobavljene letne količine.

Poglavitne napake, ki so vzrok za prerazporeditev hlodov v nižji kakovostni razred in za količinske odbitke na hlokih so:

- preveč izrazit ali celo neobdelan koreničnik ,
- trohnoba,
- rdeče srce (oksidativno obarvanje) na več kot polovici premera hloda,
- razpoke s čela, ki so posledica poškodbe pri poseku ali velikih notranjih napetosti,
- velike grče, lahko tudi že okužene s trohno iz krošenjskega dela debla,
- velika zavrtost hloda na kratkem delu dolžine,
- prevelik padec premera na dolžino hloda in
- suho srce, tudi krožljivost.

2.3.2 Skladiščenje in zaščita bukove hlodovine za luščenje

Po prevzemu bukove hlodovine, to sortiramo po kakovosti in po dolžini hlodov. Ločeno skladiščimo bukovo hlodovino vsakega kakovostnega razreda. Poleg tega se ločeno skladišči kratke hlode od dolgih (meja je dolžina hlodov 5,5 m). Ločeno skladiščenje hlodovine je potrebno in primerno zaradi hitrejše in neovirane manipulacije s hlodovino pri polnjenju in praznjenju jam za hidrotermično obdelavo hlodovine.

Poglavitni zaščitni meri proti biotskim in abiotskim dejavnikom poškodb sta škropljenje bukove hlodovine z vodo, ko dnevna temperatura naraste nad 10°C in potapljanje hlodovine v bazen z vodo. Oba načina preventivne zaščite uporabljamo tudi v našem

primeru. Poleg tega upoštevamo tudi primerno skladiščenje, kar pomeni, da tudi spodnji hlodi v kupih ne ostajajo v blatu ali poškodovani.

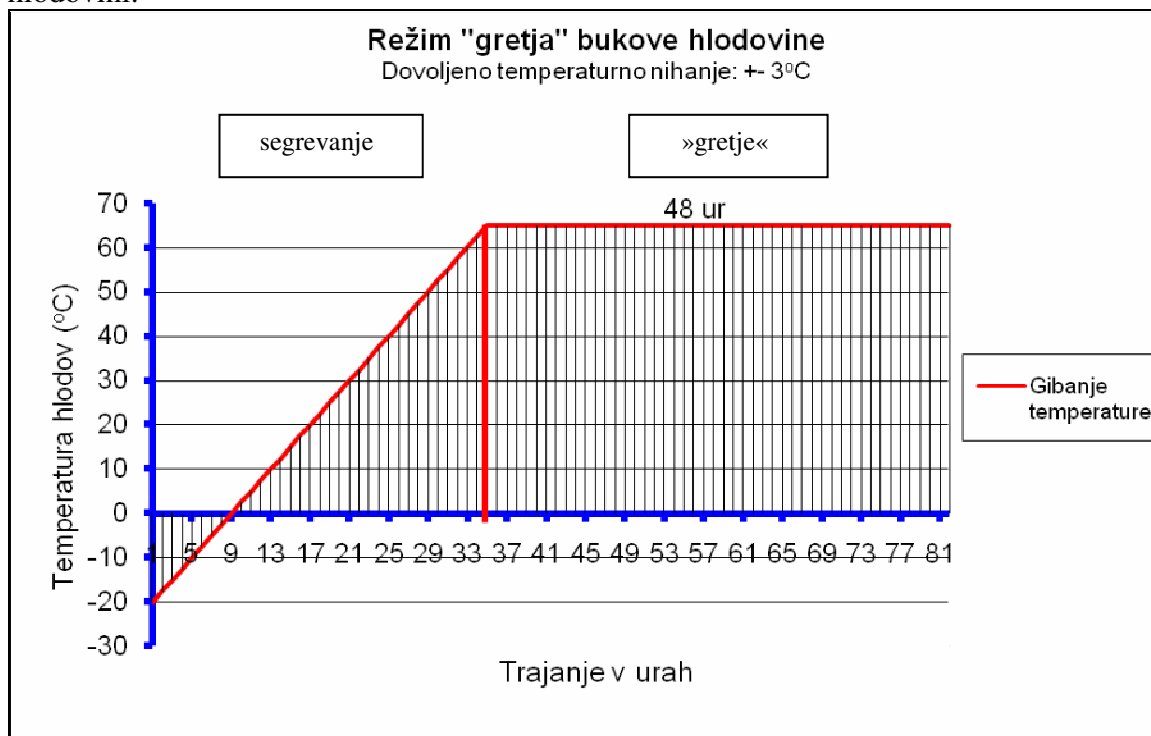
Za zaščito proti nastanku čelnih razpok uporabljamo kovinske sponke S oblike, ki jih ob prevzemu hlodovine zabijemo na mesta, kjer je nevarnost nastanka čelnih razpok ali tam kjer se že nakazujejo rahle čelne razpoke. Te sponke preprečujejo povečevanje čelnih razpok tudi kasneje, ko nastopi proces hidrotermične obdelave hlodovine.

2.3.3 Hidrotermična obdelava bukove hlodovine

Za hidrotermično obdelavo bukove hlodovine uporabljamo indirektni postopek parjenja. Glede na zahteve o obarvanosti furnirja in zahteve o boljših mehanskih lastnostih furnirja, pa smo vpeljali indirektno parjenje pri dveh različno visokih temperaturah. S tem pridobimo dve različni vrsti toplotno obdelanih hlodov za furnir.

Iz hlodov hidrotermično obdelanih pri nižjih temperaturah, proizvajamo neparjen ali »gret« furnir. Postopek imenujemo »gretje« hlodovine. Hlodovina za to vrsto furnirja je hidrotermično obdelana pri temperaturah v območju od 62°C do 68°C. Bukov neparjen furnir je svetlejšje barve in se uporablja za izdelke z bolj naravnim izgledom lesa. Vendar pa je ta furnir bolj čvrst, manj plastičen in ima več notranjih napetosti.

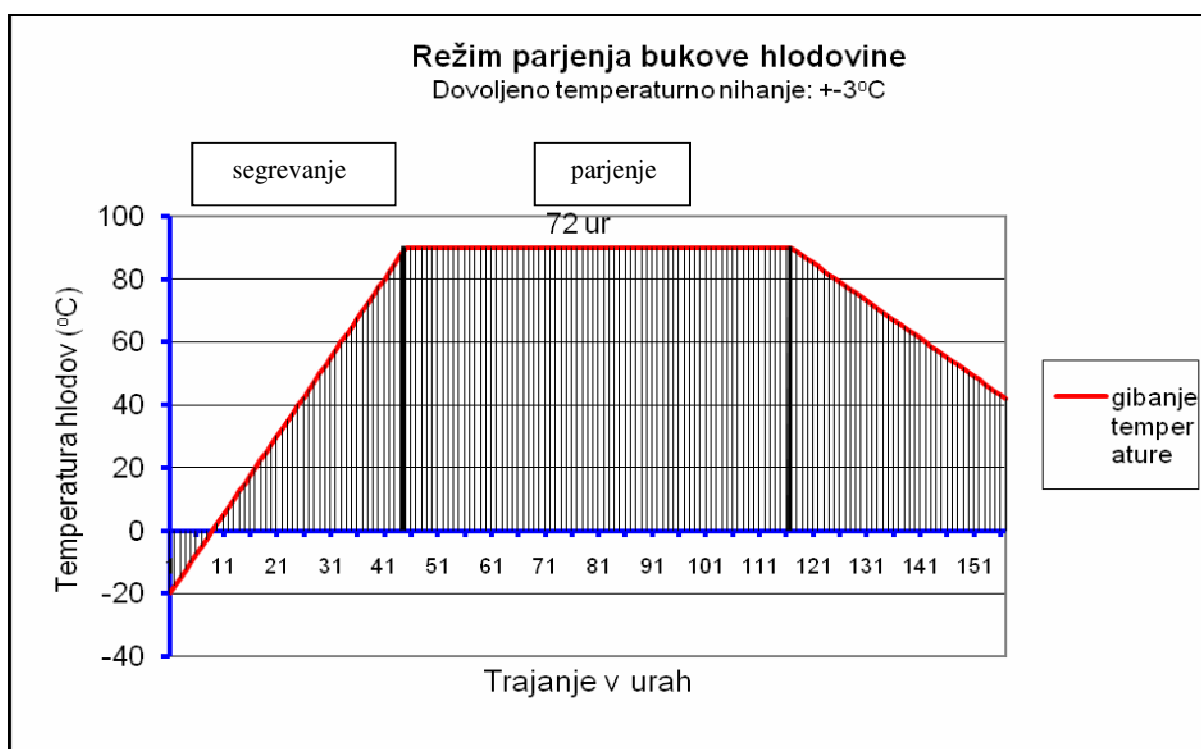
Postopek »gretja« bukove hlodovine se izvaja v parilnih jamah volumna 60 m³ in 90 m³, pri temperaturah 65 ± 3°C. Stanje temperatur v odvisnosti od časa v jami za »gretje« bukove hlodovine prikazuje slika 3. Postopek »gretja« traja tri dni. Prvi del postopka je postopno dvigovanje temperature v jami od začetne temperature hlodov do 65 ± 3°C. Zatem poteka 48 ur pregrevanje hlodovine pri predpisani temperaturi. Po preteku tega časa, je hlodovina pripravljena za luščenje. Pred luščenjem ni potrebno hlajenje, kot pri parjeni hlodovini.



Slika 3: Temperature v parilni jami pri postopku »gretja« bukove hlodovine.

Iz hlodov hidrotermično obdelanih pri višjih temperaturah, pa proizvajamo parjen furnir. Postopek imenujemo parjenje hlodovine. Hlodovina za parjen furnir je hidrotermično obdelana pri temperaturah od 87 °C do 93°C. Bukov parjen furnir je nekoliko rdečkaste barve. Barva je po površini bolj izenačena, prekrijejo se manjša barvna odstopanja v lesu. Furnir je bolj plastičen, ima manj notranjih napetosti.

Postopek parjenja hlodovine se izvaja v parilnih jamah volumna 80 m³. Prvi del postopka zajema postopno dvigovanje temperature v jami od začetne temperature hlodov do dosežene temperature 90°C ± 3°C. Začetna temperatura je odvisna od letnega časa. Glavni del hidrotermične obdelave parjenja poteka pri predpisani zgornji vrednosti 72 ur. V še vedno pokriti jami poteka postopno hlajenje še 24 ur, nakar se jamo lahko odkrije. Odkrita hlodovina se mora hladiti vsaj še 12 ur. Ohladiti jo moramo na pribl. 40°C. Barva lesa po termični obdelavi je nekoliko rdečkasta, vendar praviloma izenačena. Temperature v parilni jami, pri postopku parjenja, v odvisnosti od časa prikazuje slika 4.



Slika 4: Temperature v parilni jami pri postopku parjenja bukove hlodovine.

Oba postopka hidrotermičnih obdelav sta vodena s pomočjo krmilne enote z vgrajenim programom. Na vsake 4 ure se temperatura v vsaki jami kontrolira še z ročnim merjenjem in odčitavanjem temperature. Pri obeh postopkih se vodi računalniška evidenca toplotne obdelave in občasno še ročna (1x na 8 ur).

2.3.4 Izdelava luščenega bukovega furnirja

2.3.4.1 Luščenje

V podjetju želimo, da pri postopku luščenja čim bolj izkoristimo hlodovino. Zato imamo predpisane postopke in tehnične parametre za:

- brušenje nožev in tlačnih letev,
- kvalitetno nastavitvev luščilnega stroja v skladu s teoretičnimi izhodišči in praktičnimi spoznanji,
- nastavitvev izsekovanja napak iz furnirja, ki jih zazna skener (odprte razpoke in izpadle grče),
- nastavitvev odlagalnih mest, kjer se odlaga furnir ločeno glede na debelino in kakovost.

Tehnični parametri brušenja nožev in nastavitveni parametri prehodov in tlakov pri luščenju so dejansko v skladu s tehničnimi karakteristikami, ki smo jih navedli v teoretičnih izhodiščih za luščenje furnirja.

Maksimalna dolžina luščenja furnirja je 2600 mm, minimalna pa 900 mm.

Za lastno proizvodnjo luščimo in uporabljamo furnir treh različnih debelin, ki so: 1,2 mm; 1,6 mm; in 2,2 mm. Iz čistejših zunanjih plasti hlodov luščimo tanjši furnir iz osrednjih ali slabših delov, pa furnir debeline 2,2 mm.

Zaznavanje napak na furnirju je izvedeno s pomočjo fotosenzorjev, ki zaznavajo samo razpoke in odprtine v furnirskem traku. Nastavitvev za izsekovanje odprtih razpok in izpadlih grč se izvaja na krmilniku škarij. Največja občutljivost zaznavanja in izsekovanja omenjenih napak je: 10 mm po dolžini napake in 20 mm po širini napake, ob pomiku furnirskega traka skozi škarje pri 90 m/min. Fino krojenje furnirja se izvaja po sušenju, kjer se po potrebi lahko izsekajo manjše razpoke in odprtine ter optične napake.

Odlaganje krojenega furnirja se izvaja na štiri odlagalna mesta:

- izmetavanje in ročno zlaganje furnirskih kosov ožjih od 300 mm,
- avtomatsko odlaganje furnirja širin od 310 mm – 600 mm,
- avtomatsko odlaganje furnirja širin od 610 mm – 1600 mm,
- avtomatsko odlaganje furnirja širin od 1600 mm – 2600 mm,

2.3.4.2 Meritve, tolerance in kakovost površine furnirja:

Dimenzije furnirja kontrolira luščilničar po internem predpisu ob vsaki spremembi dimenzije, ter ob vsaki menjavi noža ali tlačne letve. Ob vsaki spremembi je potrebno narediti najmanj 3 meritve in jih vpisati v kontrolni list prvih kosov.

V primeru večkratnega zaporednega popraviljanja nastavitvev, je potrebno znova izvesti kontrolne meritve debeline furnirja.

Meri se s kljunastim merilom umerjenim na točnost $\pm 0,01$ mm. Občasno dnevno kontrolo mora vršiti tudi vodja oddelka.

Dovoljeno odstopanje v dimenzijah furnirja:

- debelina $+ / - 0,05$ mm (do 10% količine lahko odstopa tudi do $+ - 0,1$ mm)
- dolžina $+ / - 5$ mm

Kakovost površine luščenega furnirja znižujejo sledeče napake:

- raze na površini (sledi od poškodovanega noža),
- močna valovitost na določenih mestih zaradi nepravilne nastavitve tlačne letve,
- zadrtnost furnirja (nepravilni koti luščenja, prevelike razdalje V ali H, mrzla hlodovina),
- pretanek ali predebel furnir – nepravilne nastavitve razdalj V in H, nepravilni kot noža, električna ali mehanska okvara stroja.

2.3.5 Sušenje bukovega furnirja

2.3.5.1 Postopek sušenja

Sušenje bukovega furnirja v podjetju Novoles izvajamo čim prej po luščenju. Furnir mora biti posušen najkasneje v roku 24 ur od časa izdelave. V nasprotnem primeru, zlasti v toplejši polovici leta, furnir napadejo glive in postane plesniv, kar mu znižuje kakovost.

Pri postopku sušenja nastavljamo in reguliramo sledeče parametre:

- nasičenost sušilnega zraka v sušilnih komorah,
- hitrost sušenja, oziroma hitrost furnirja skozi sušilni kanal,
- temperaturo zraka v posameznih komorah sušilnega kanala.

V preglednici 4 so navedeni okvirni časi sušenja posameznih vrst furnirja, ki jih uporabljamo pri proizvodnji furnirja v podjetju Novoles d.d., PC Vežan les.

Dovoljene tolerance v vlažnosti suhega furnirja so od 3% do 14%, vendar mora imeti vsaj 85 % furnirja vlažnost v mejah od 5% do 10 %, ostali so lahko približno enakomerno razporejeni pod in nad to mejo. Bukov furnir debeline 1,6 mm, ki gre na širinsko spajanje v spajalni stroj, ki ima delovno temperaturo 160 °C, ima lahko tudi nekoliko višjo vlažnost – to je do 14 %. V omenjenem stroju se furnir še dodatno osuši za pribl. 4% do 6%. Kontrolo vlažnosti furnirja je potrebno izvajati kontinuirano skozi celoten čas operacije sušenja.

Preglednica 4: Preglednica časov sušenja posameznih vrst furnirja v sušilnem kanalu.

Vrsta lesa	Debelina furnirja	Hitrost pomika (m/min)	Čas sušenja (min)	Ciljna končna vlažnost	Pri nastavitvi vlažnosti zraka g/m ³
Bukev	1,2 mm	4,8 - 5,0	2,4 - 2,5	7 – 10 %	125 - 140
Bukev	1,6 mm	3,5 - 3,6	3,3 - 3,4	7 – 10 %	125 - 140
Bukev	2,2 mm	2,5 - 2,6	4,6 – 4,8	7 – 10 %	125 - 140
Bukev za VF	1,6 mm	3,2 - 3,3	3,6 - 3,8	4 – 6%	125 - 140
Bukev za VF	2,2 mm	2,3 - 2,4	5,0 - 5,2	4 – 6%	125 - 140
Smreka	2,2 mm	2,0 - 2,1	5,7 - 6,0	7 – 10 %	125 - 140
Topol	2,2 mm	1,5 - 1,6	7,5 - 8,0	7 – 10 %	125 - 140
Hrast za VF	1,6 mm	2,6 - 2,7	4,4 - 4,6	4 – 6 %	125 - 140

Teoretične podatke o porabi pare pri sušenju bukovega furnirja, (poglavje 2.2.4.5), smo primerjali s podatki o porabi pare pri sušenju furnirja debeline 1,6 mm v sušilnem kanalu Babcock, v podjetju Novoles.d.d. V našem primeru znaša poraba pare 3.200 kg/uro, pri tlaku 9 bar. V eni uri posušimo 3,75 m³ mokrega furnirja. Mokri furnir ima pri 80 % vlažnosti povprečno gostoto 1.224 kg/m³. Povprečna gostota posušenega furnirja na 8% vlažnosti pa znaša približno 730 kg/m³. Iz tega izhaja, da se iz 1 m³ mokrega furnirja pri sušenju izloči 494 kg vode. Ker v 1 uri posušimo 3,75 m³ mokrega furnirja, v tem času izpari 494 kg x 3,75 = 1.852,5 kg vode. Če to količino vode primerjamo s količino porabljenih pare v eni uri, dobimo podatek o porabi pare za izparitev 1 kg vode. To je 1,72 kg/kg. Če to vrednost primerjamo s prej omenjeno vrednostjo po Kollmannu s sod. (1975),

vidimo da je v našem primeru poraba pare v kg/kg, bližje spodnji podani vrednosti. Po našem mnenju je poraba pare manjša zaradi bolj izpopolnjene in novejšje tehnologije sušilnega kanala.

Kontrolo vlažnosti v običajnih procesih sušenja opravlja delavec, ki vodi sušenje. Običajno se v proizvodnih procesih izvaja kontrola vlažnosti furnirja konstantno ob določenem času npr. na vsake pol ure, po potrebi pa pogosteje. V primeru, da vmes opazi prevlažen furnir, mora izvesti takojšnjo kontrolo in popraviti parametre sušenja. Običajno se regulira samo pomik furnirja skozi sušilnico, ob nastavljeni ciljni klimi v sušilnici. Kontrolo vlažnosti se običajno izvaja z (umerjenim) električnim uporovnim vlagomerom.

2.3.5.2 Tehnični podatki o sušilnem kanalu za furnir Babcock RD-III

Sušenje poskusnega furnirja smo izvedli v sušilnem kanalu Babcock, zato navajamo nekaj osnovnih tehničnih podatkov zanj. Gre za valjčni tri etažni prekatni sušilni kanal.

Tehnični podatki:

Število sušilnih prekatov: 6

Delovna, sušilna dolžina: 12 m

Delovna, sušilna širina: 4,6 m

Število in moč ventilatorjev zraka: 6 x 11 kW

Hladilna komora: 1x 2m, moč ventilatorjev: 2 x 4 kW

Moč motorja za pogon valjev: 1 x 3kW

Poraba komprimiranega zraka: 200 NI/min pri tlaku 6 bar

Poraba visokotlačne pare: 2600 kg/h pri tlaku 7 bar,

Okvirne temperature sušenja: 155 °C do 165 °C.

Regulacija nasičenosti zraka z vodno paro – možen razpon: od 40 g/kg do 200 g/kg zraka

Primerna za sušenje furnirja debelin: 0,5 mm do 5 mm.

Okvirna kapaciteta sušilnice: 3,6 m³/h

3 MATERIAL IN METODE

3.1 POSKUSNI MATERIAL

Poskusni furnir na katerem smo merili skrčke pri sušenju, je bil izdelan iz bukovih hlodov, ki so bili hidrotermično obdelani po postopku »gretja«. Vsi izbrani poskusni hlodi so bili kakovostnega razreda L. Primer hloda iz katerega je bil narejen poskusni furnir prikazuje slika 5. Hlodi so imeli rdeče srce do približno polovice premera hloda. Zaradi primerjave rezultatov krčenja bukovega furnirja z rdečim srcem s furnirjem, ki ni imel rdečega srca, smo izbrali še tri testne hlode, ki niso imeli rdečega srca. Poskusni hlodi in testni hlodi so bili krojeni kot drugi kos iz hloda, tako da smo se izognili koreničniku in bolj raznoliki anatomski in rastni strukturi lesa, ki se nahaja v koreničniku. Za izdelavo poskusnega luščenega furnirja smo izbrali sledeče hlode:

- tri hlode dolžine 140 cm z rdečim srcem, brez koreničnika, hidrotermično obdelane po postopku »gretja« pri 65 ± 3 °C,

Za primerjavo dobljenih rezultatov o skrčkih, smo pripravili še tri testne hlode, ki pa niso vsebovali rdečega srca in so bili izdelani iz kakovostnega razreda F:

- tri hlode dolžine 140 cm brez rdečega srca, brez koreničnika, hidrotermično obdelani po postopku »gretja« pri 65 ± 3 °C.

Hlode iz katerih je bil izdelan poskusni furnir so bili skladiščeni na skladišču hlodovine v zimskem obdobju – v mesecu januarju in februarju. Testni hlodi pa v mesecu marcu in aprilu. Zaradi nizkih dnevnih temperatur (najvišja dnevna temperatura je bila vedno pod 15 °C) hlode ni bilo potrebno polivati z vodo zaradi zaščite pred glivami. Kot zaščito čel hlodov proti izsuševanju s premazovanjem hlodov s čel, nismo uporabili. Uporabili smo samo sponke v obliki črke S za mehansko zaščito čel pred pokanjem. Vsem hlodom smo pred luščenjem izmerili srednji premer in premer rdečega srca, kolikor ga je bilo vidnega s čela hloda. Iz izbranih hlodov smo luščili poskusni furnir dimenzije 1320 mm x 1100 mm x 1,65 mm. Na tem furnirju smo opravljali meritve vlažnosti pred in po sušenju, ter velikost skrčkov pri sušenju.



Slika 5: Čelni pogled na gret poskusni hlod, ki je vseboval rdeče srce.

3.2 NAČRT SPREMLJANJA

3.2.1 Spremljanje hidrotermične obdelave

Poskusne in testene hlode smo obdelali po postopku »gretja«. Podrobnejši opis postopka je v poglavju hidrotermična obdelava, pod številko 2.2.4.

Krmiljenje procesov »gretja« v parilnih jamah je bilo izvedeno s pomočjo elektronskega krmiljenja na osnovi nastavljenih programov. Za nadzor procesa smo izvedli še ročno kontrolo temperatur v parilnih jamah. Za ročno preverjanje temperature smo uporabili termometer z digitalnim prikazovalnikom temperature. Termometer deluje na principu termočlena tip K. Dodatno kontrolo meritve temperature v parilnih jamah smo izvajali na vsake 4 ure v času od 6 do 22 ure.

3.2.2 Spremljanje luščenja poskusnega furnirja

Pred luščenjem smo s hlodov namenjenih za izdelavo poskusnega furnirja, odstranili skorjo. Še pred začetkom luščenja smo opravili tudi meritve premerov hlodov z rdečim srcem in premerov čistega lesa v vsakem hlodu, ter jih evidentirali.

Zatem smo opravili luščenje furnirja, pri predhodno preverjenih nastavitvah luščenja. Luščilni stroj smo nastavili v skladu s parametri, ki so predpisani za luščenje poskusnega furnirja debeline 1,65 mm. V stroj smo vstavili na novo nabrušen nož in tlačno letev.

Iz poskusnih hlodov dolžine 140 cm, smo luščili poskusni furnir dimenzije 1320 mm x 1100 mm x 1,65 mm. Iz luščilnega stroja je prihajal neskončni trak furnirja, ki smo ga krojili na nazivno širino 1100 mm. Na to dimenzijo smo ga krojili zaradi lažjega merjenja širin mokrega in kasneje posušenega furnirja. Furnir iz vsakega hloda smo na odlagalni napravi luščilne linije odlagali ločeno, da smo lahko kasneje primerjali rezultate skrčkov glede na hlod iz katerega je bil izdelan furnir. Slika 6 prikazuje primer poskusnega furnirja brez rdečega srca, slika 7 pa primer furnirja z rdečim srcem.



Slika 6: Furnir brez rdečega srca.



Slika 7: Furnirja z rdečim srcem.

3.2.3 Spremljanje sušenja poskusnega furnirja

Sušenje smo opravili v istem dnevu, kot je bil furnir luščen. Pred sušenjem smo ves mokri furnir oštevilčili po vrstnem redu in mu izmerili širine s tračnim metrom z natančnostjo 1 mm. Furnir smo položili na ravno ploščo, ga poravnali s tlačno letvijo in na njem opravili meritve širin. Mesta meritve širin so bila pri vseh furnirjih 10 cm od čel furnirjev in smo jih označili s črtami. Vlažnost mokrega furnirja smo ugotavljali na treh furnirjih iz oboda vsakega hloda in treh furnirjih iz osrednjih delov istih hlodov, z gravimetrično metodo. Stehtali smo sveže vzorce furnirja velikosti 10x10 cm iz vsakega hloda. Za vpisovanje podatkov smo si pripravili tabelo za vsak hlood posebej. V tabelo smo vpisali podatke za vsak kos furnirja zapovrstjo, kot je bil luščen iz poskusnih in testnih hlodov.

Iz vsakega od treh poskusnih hlodov smo vzeli po tri vzorce furnirja za ugotavljanje vlažnosti in sicer:

- tri vzorce iz čistih delov hlodov (iz oboda hloda), ki niso imeli rdečega srca in
- tri vzorce iz notranjih delov istih hlodov, na začetku rdečega srca.

Pri testnih hlodih, ki niso vsebovali rdečega srca, smo opravili meritve vlažnosti na enak način.

Po končanih začetnih meritvah, smo opravili sušenje furnirja pri sledečih parametrih sušenja:

vhodni tlak pare: 9 bar,

temperatura v začetnem delu sušilnice: $T_1 = 155 \text{ }^\circ\text{C}$,

temperatura v drugem, osrednjem delu sušilnice: $T_2 = 165 \text{ }^\circ\text{C}$,

absolutna vlažnost zraka z vodno paro: 125 g H₂O/kg zraka,

relativna zračna vlažnost: 40% ,

hitrost sušenja: 3,5 m/min

V nadaljevanju je prikazanih nekaj slik naprav za nadzor klime v sušilnici. Na sušilnici instaliran termometer prikazuje slika 8, primer prikazovalnika relativne zračne vlažnosti pa slika 9. Na sliki 10 je prikazan prikazovalnik hitrosti pomika furnirja skozi sušilnico.

Tokom sušenja smo merili vlažnost posušenega furnirja z električnim uporovnim vlagomerom. Po sušenju smo suh furnir odlagali na palete zapovrstjo, kot je bil zložen pred sušenjem.

Zatem smo opravili meritve širin oštevilčenih suhih furnirjev na istem mestu vsakega furnirja in na enak način, kot smo pred sušenjem opravljali meritve širin mokrega furnirja. Podatke smo vnesli v iste tabele, ki smo jih uporabili že prej za mokri furnir. Podatke o širini istega suhega furnirja smo vpisovali pod isto zaporedno številko, kjer smo prej vpisovali širina mokrega furnirja.

Tako smo v vsaki tabeli dobili vse podatke o hlodih in o furnirju iz vsakega hloda posebej, na osnovi česar smo lahko izračunavali skrčke furnirja pri sušenju.



Slika 8: Termometer za prikaz temperature v sušilnici za furnir Babcock.



Slika 9: Prikazovalnik nasičenosti zraka z vodno paro v sušilnici Babcock.



Slika 10: Prikazovalnik hitrosti pomika furnirja skozi sušilnico Babcock.

3.3 MERJENJE SKRČKOV

Na poskusnem luščenem furnirju, izdelanem iz treh gretih bukovih hlodov z vsebnostjo rdečega srca, hidrotermično obdelanih pri temperaturi $65 \pm 3^{\circ}\text{C}$ in treh testnih hlodov, brez rdečega srca, hidrotermično obdelanih enaki temperaturi, smo opravili meritve širin furnirja pred sušenjem in po sušenju. Širine smo merili z natančnostjo 1 mm. Istočasno smo kontrolirali tudi vlažnost mokrega in suhega furnirja.

Slika 5 prikazuje mesto merjenja širin furnirjev. Meritve širin furnirjev smo opravili 10 cm od roba, vedno na isti strani furnirja, tako pri mokrem kot pri suhem furnirju. Za merjenje smo uporabili sledeče pripomočke:

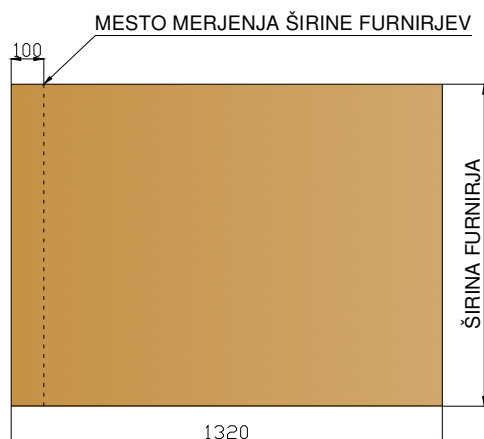
- premerko za izmero premerov hlodov,
- kljunasto merilo za kontrolno meritev debeline furnirjev,
- termometer na osnovi termočlena tip K, za kontrolo temperature v parilnih jamah,
- tračni meter, za merjenje širin furnirjev,
- tlačno letev za poravnavanje furnirja na mestu merjenja,
- električni uporovni vlagomer za merjenje vlažnosti suhega furnirja.

Vlažnost mokrega furnirja smo ugotavljali z gravimetrično metodo in vlažnost določili računsko.

Za kontrolo temperature in vlažnosti v pretočni valjčni sušilnici Babcock smo uporabili termometre in vlagomere za merjenje vlažnosti zraka, ki so vgrajeni v sušilnico. Ti termometri in vlagomeri so 1x letno kontrolirani in usklajeni z enakimi in točnimi referenčnimi merili.

Za vnos vseh dobljenih podatkov smo pripravili obrazce (glej priloge A-L). Podatke o skrčkih furnirja za vsak hlod z vsebnostjo rdečega srca in vsak hlod, ki ni vseboval rdečega srca, smo statistično obdelali in podatke med seboj primerjali. Za obdelavo vseh podatkov v nadaljevanju naloge smo uporabili program »ncss« za statistično obdelavo podatkov iz dveh populacij (<http://www.ncss.com/>)

Iz rezultatov statističnih obdelav smo prišli do ugotovitev, ki so prikazane v poglavju 4.



Slika 11: Prikaz mesta merjenja širin mokrih in suhih furnirjev.

3.4 MERJENJE GOSTOTE FURNIRJEV

Za ugotavljanje morebitnega vpliva gostote lesa na velikost krčenja furnirja smo opravili natančne meritve gostote lesa na vzorcih furnirjev, vzetih iz treh hlodov z rdečim srcem in treh hlodov brez rdečega srca, pri štirih različnih premerih teh hlodov (38, 32, 26 in 14 cm). Pri vsakem premeru vsakega hloda smo vzeli po tri vzorce velikosti 10x10 cm. Na teh furnirjih smo predhodno izmerili velikost krčenja furnirja pri sušenju. Vzorce furnirjev smo posušili v laboratorijskem termostatskem sušilniku pri 103 ± 2 °C do absolutno suhega stanja. Nato smo vzorce stekali in izračunali gostoto v absolutno suhem stanju. Iz treh vzorcev smo izračunali povprečno gostoto. Dobljene rezultate gostote smo primerjali s predhodno izmerjenimi velikostmi skrčkov, ter iskali morebitno povezavo med gostoto furnirjev in velikostjo skrčkov.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

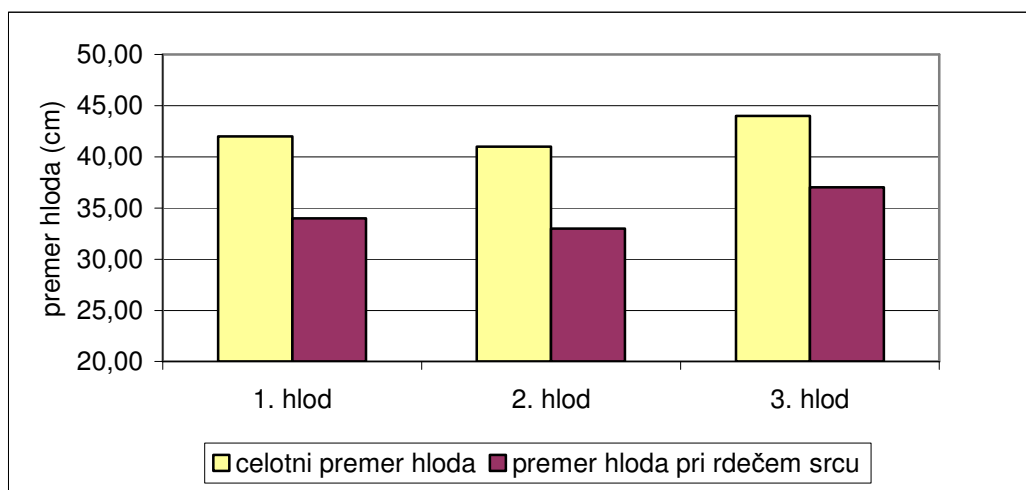
4.1 KRČENJE FURNIRJA

4.1.1 Pregled poskusnih hlodov za izdelavo furnirja

Poskusni furnir je bil izdelan iz treh bukovih hlodov, hidrotermično obdelanih po postopku »gretja«. Vsi hlodi so imeli po precejšnjem delu premera rdeče srce. Preglednica 5 prikazuje čelne premere lesa z rdečim srcem, ki so bili vidni v vsakem hlodu. Za vse tri hlode je bila značilna dokaj velika vsebnost rdečega srca, zato bi se morali morebitni manjši skrčki pri sušenju, ki bi nastali na furnirju z večjo vsebnostjo rdečega srca, bolje pokazati.

Preglednica 5: Vsebnost neobarvanega lesa in lesa z rdečim srcem v poskusnih hlodih.

Vrsta lesa s čela hloda	Hlod št.1	Hlod št.2	Hlod št.3
Neobarvan les po obodu hloda (od premera do premera v cm)	42 do 34	41 do 33	44 do 37
Les z rdečim srcem (od premera do premera v cm)	34 do 11	33 do 10	37 do 11



Slika 12: Prikaz vsebnosti rdečega srca v hlodih iz katerih je bil izdelan poskusni furnir.

4.1.2 Krčenje furnirja iz hlodov, ki so vsebovali rdeče srce

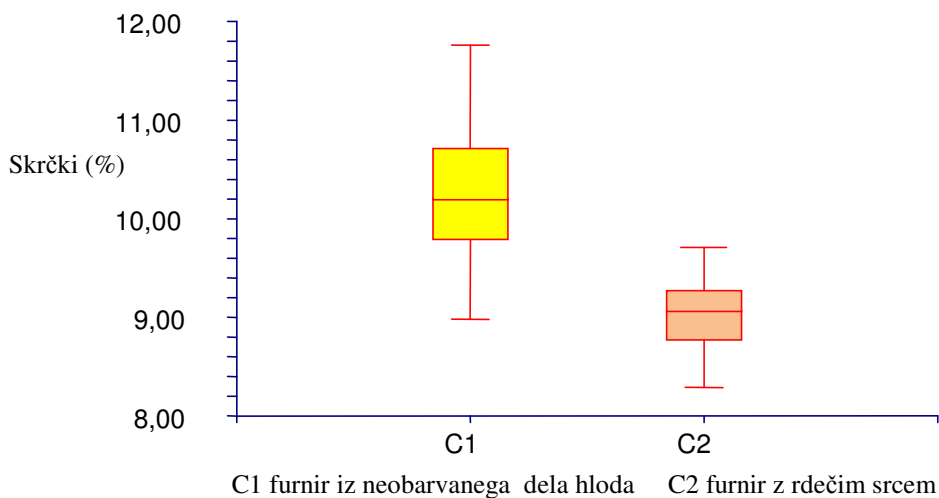
4.1.2.1 Krčenje furnirja iz prvega poskusnega hloda

Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz prvega poskusnega hloda, so razvidne iz prilog A in B. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz neobarvanega zunanjšega dela prvega poskusnega hloda; in furnirjev, ki so bili izdelani iz srčnega dela istega hloda pa so razvidni iz preglednice 6. Povprečne vrednosti skrčkov se razlikujeta že na pogled. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij podatkov smo uporabili Ttest za podatke z neenakimi variancama. Ta je pokazal, da se srednje vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz neobarvanega lesa in lesa z rdečim srcem statistično značilno razlikujeta. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 7,887$, tabelarična vrednost t -ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 1,999. S tem lahko zavrremo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 6: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 1. poskus. hloda z rdečim srcem.

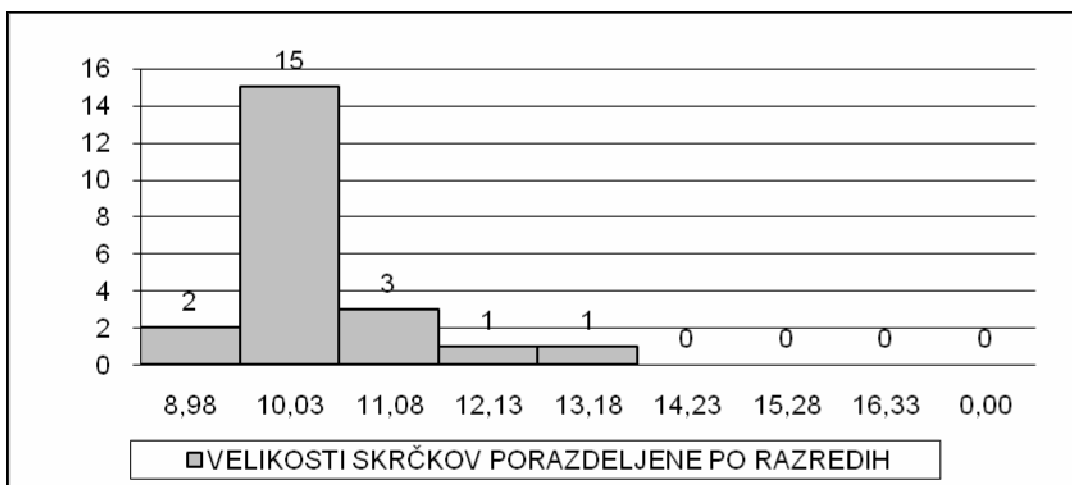
	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz 1. hl. brez obarvanja (n=22)	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz 1.hl. z rdečim srcem (n=43)
maks:	11,76	9,71
Q3	10,63	9,26
aritmetična sredina:	10,22	9,03
Q1	9,82	8,79
min:	8,98	8,29
varianca:	0,44	0,12
standardni odklon:	0,66	0,35

Diagram okvir z ročaji (slika 13), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe vrsti furnirjev, ki so bili izdelani iz prvega poskusnega hloda. Iz diagrama so poleg razlik v aritmetičnih sredinah obeh populacij, razvidne tudi večje razlike v variancah obeh populacij. Skrčki furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanjšega hloda brez obarvanja imajo večjo varianco, kot skrčki furnirjev, ki so bili izdelani iz srčnega dela hloda. Pri neobarvanih furnirjih je večje tudi odstopanje od povprečne vrednosti do minimalnega in maksimalnega skrčka.

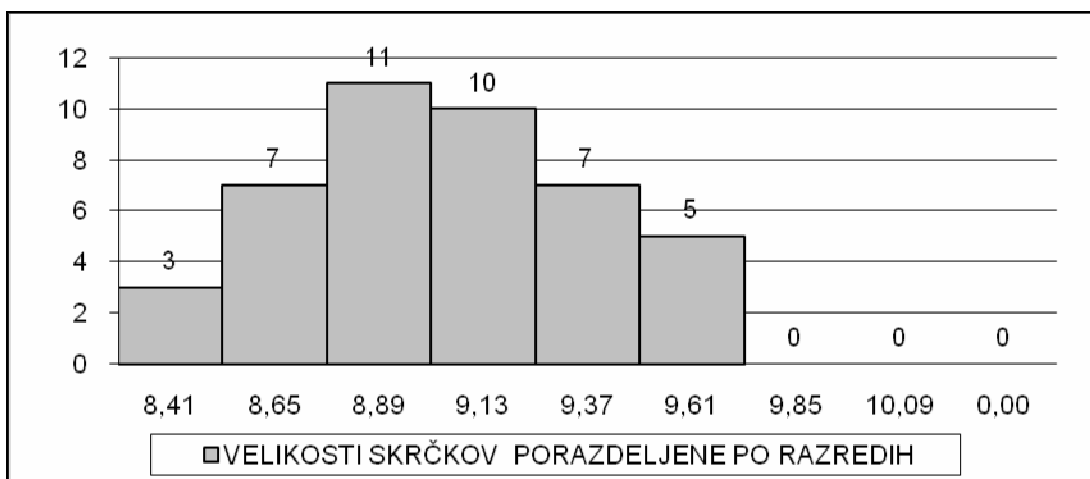


Slika 13: Primerjava statističnih podatkov o skrčkih furnirjev iz 1. poskusnega hloda.

Sliki 14 in 15 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za obe skupini furnirjev izdelanih iz prvega poskusnega hloda. Na obeh histogramih se vidijo porazdelitve izmerjenih vrednosti, ki rahlo odstopajo proti višjim vrednostim.

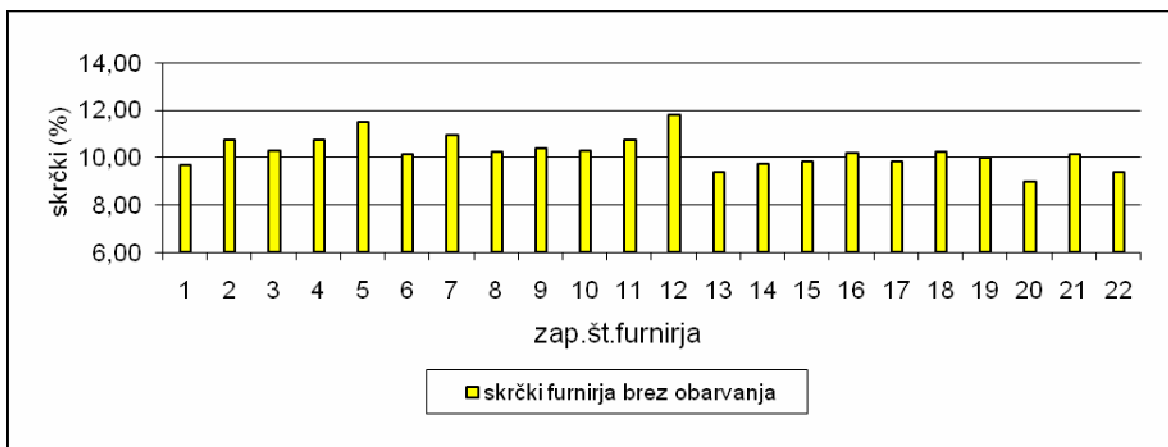


Slika 14: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz čistega dela 1. hloda.

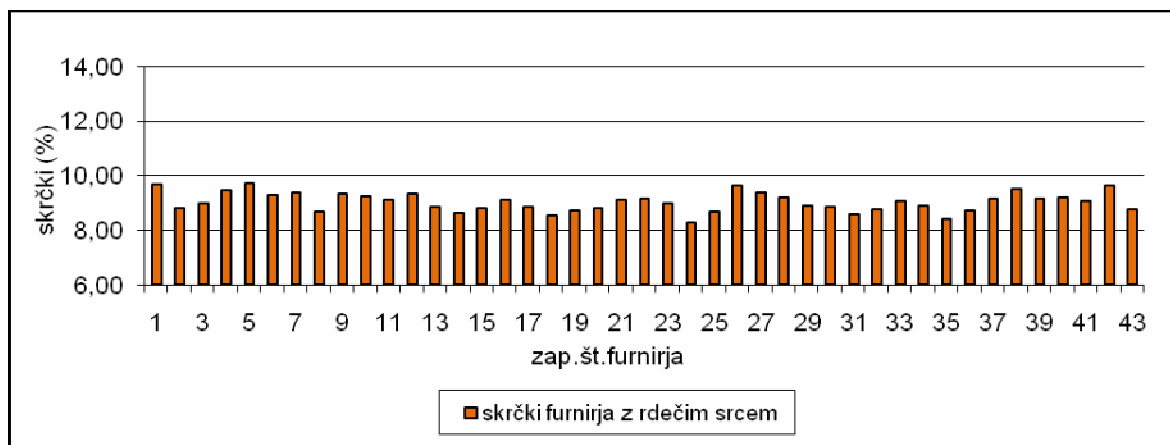


Slika 15: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 1. hloda

Sliki 16 in 17 prikazujeta velikosti skrčkov po zaporednih številkah furnirjev, ki so nastajali pri luščenju. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz prvega poskusnega hloda. Iz diagramov se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov. To ciklično spreminjanje velikosti bi lahko pojasnili s cikličnim spreminjanjem anatomske zgradbe v posameznih delih hloda. Pri prodiranju noža med luščenjem, se zaradi variabilnosti lesnega tkiva spreminja položaj celičnih struktur hloda proti rezalnemu robu. Tako tekstura furnirja ni vedno popolnoma tangencialna, ampak se spreminja deloma v polradialno. Iz diagramov je tudi opaziti tendenco zniževanja velikosti skrčkov furnirjev izdelanih proti koncu hloda.



Slika 16: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 1. poskusnega hloda.



Slika 17: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 1. poskus. hloda.

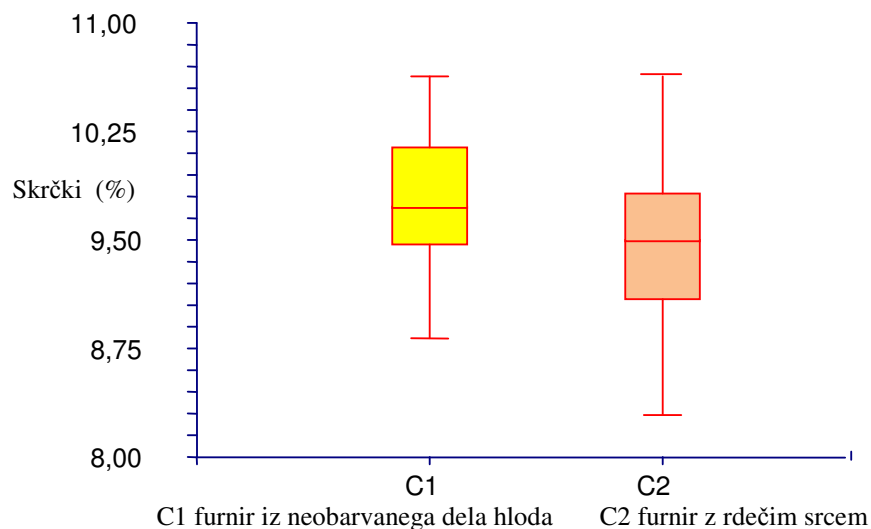
4.1.2.2 Krčenje furnirja iz drugega poskusnega hloda

Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz drugega poskus. hloda, so razvidne iz prilog C in D. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanega dela drugega poskusnega hloda, ki ni imel srčnega obarvanja; in furnirjev, ki so bili izdelani iz srčnega dela istega hloda, so razvidni iz preglednice 7. Povprečni vrednosti skrčkov se manj razlikujeta kot pri furnirjih iz prvega poskusnega hloda. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij podatkov smo uporabili Ttest za podatke z enakima variancama. Ta je pokazal, da se srednje vrednosti skrčkov furnirjev iz lesa brez napak in lesa z rdečim srcem statistično značilno razlikujeta. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 2,248$, tabelarna vrednost t -ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 2,006. S tem lahko zavrnilo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 7: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 2. poskus. hloda z rdečim srcem.

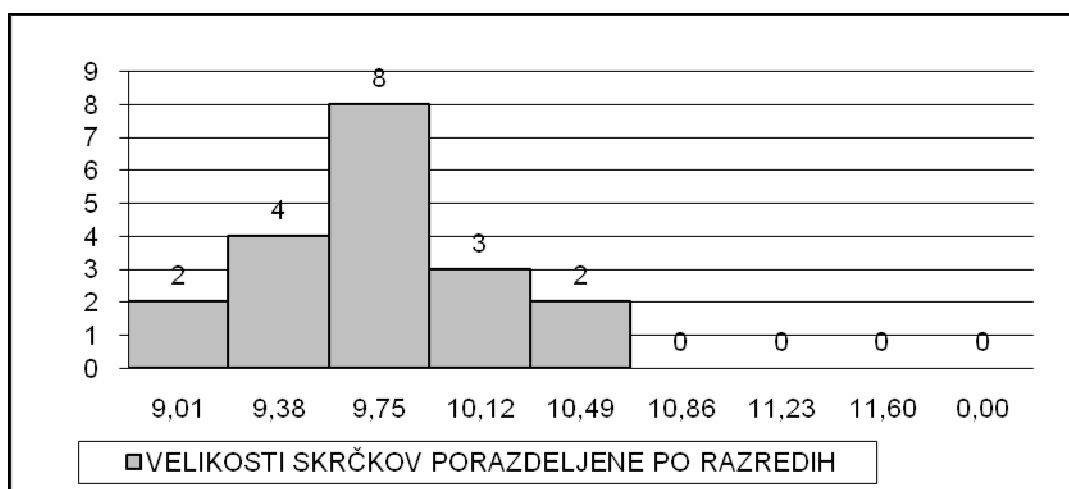
	stat. podatki o skrčkih furnirjev brez obarvanja (n=19)	stat. podatki o skrčkih furnirjev z rdečim srcem (n=42)
maks:	10,63	10,63
Q3	10,02	9,80
aritmetična sredina:	9,76	9,48
Q1	9,51	9,13
min:	8,82	8,29
varianca:	0,20	0,25
standardni odklon:	0,45	0,50

Diagram okvir z ročaji (slika 18), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe vrsti furnirjev, ki so bili izdelani iz drugega poskusnega hloda. Iz diagrama so poleg razlik v aritmetičnih sredinah obeh populacij, razvidne tudi manjše razlike v variancah obeh populacij, kot pri furnirju iz 1. poskusnega hloda. Skrčki furnirjev izdelanih iz dela hloda brez obarvanja imajo manjšo varianco, kot skrčki furnirjev, ki so bili izdelani iz srčnega dela hloda. Pri srčnem furnirju je večje tudi odstopanje od povprečne vrednosti do minimalnega in maksimalnega skrčka, kar je ravno obratno kot je bilo pri furnirju iz 1. poskusnega hloda.

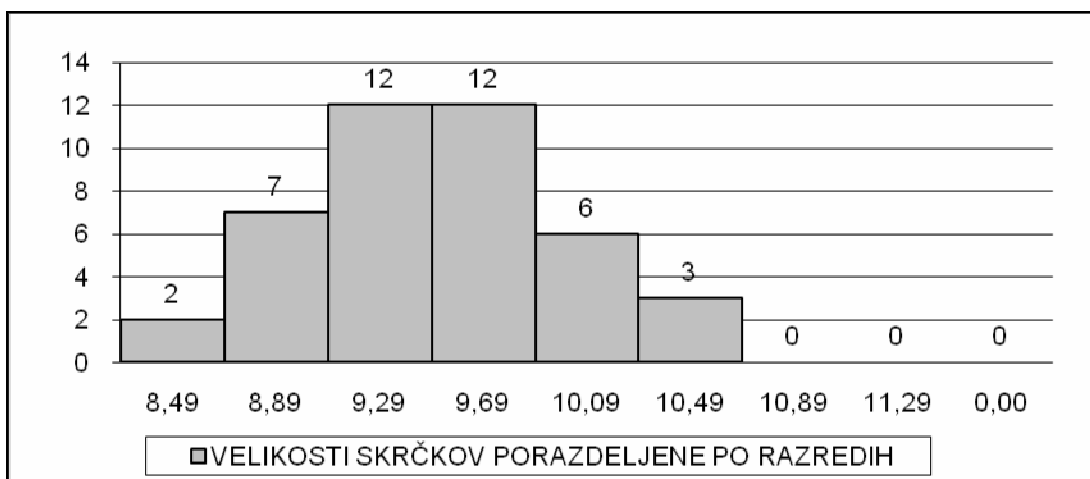


Slika 18: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 2. poskus. hloda.

Sliki 19 in 20 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za obe vrsti furnirjev, izdelanih iz drugega poskusnega hloda. Na obeh histogramih se opazi dokaj normalno porazdelitev izmerjenih vrednosti, z nekoliko višjo varianco odstopanj pri furnirjih izdelanih iz srčnega dela hloda.

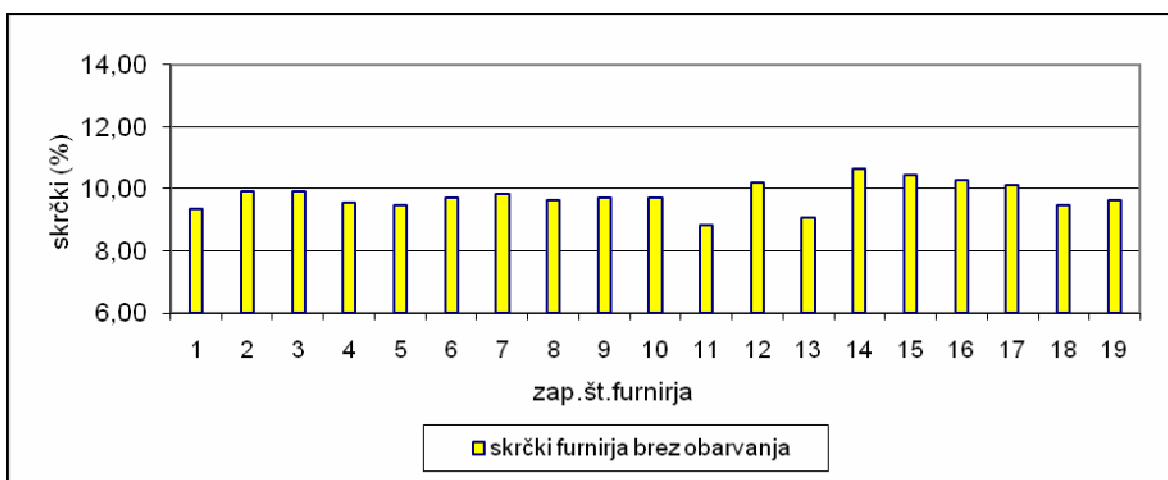


Slika 19: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz neobarvanega dela 2. hloda.

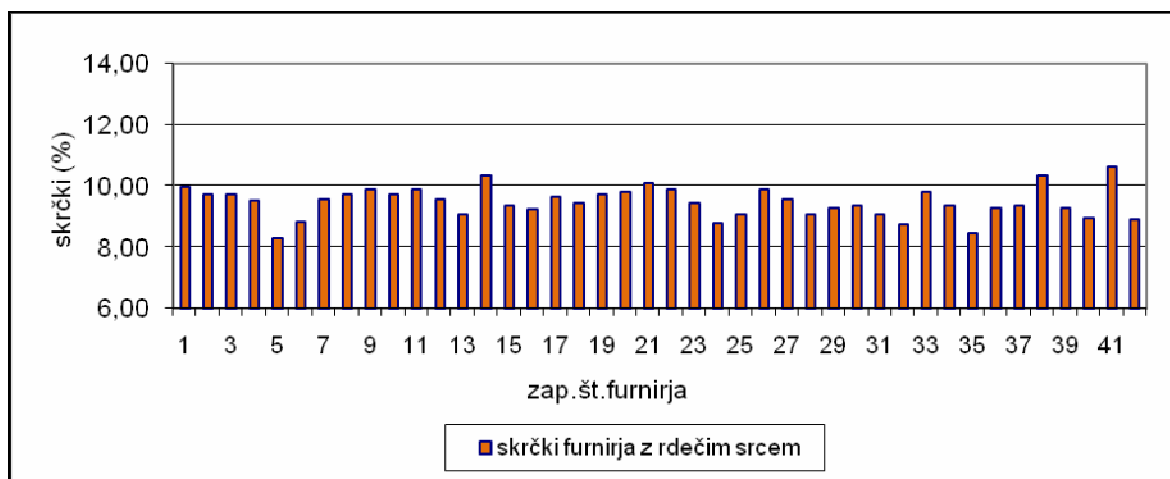


Slika 20: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 2. hloda.

Sliki 21 in 22 prikazujeta velikosti skrčkov po zaporednih številkah furnirjev, kot so nastali pri luščenju iz 2. poskusnega hloda. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz drugega poskusnega hloda. Iz diagramov se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov, podobno kot pri furnirjih, ki so bili luščeni iz prvega poskusnega hloda. Iz slike 22 ni opaziti tako velike tendence zniževanja velikosti skrčkov furnirjev izdelanih proti koncu hloda, kot je bilo to pri skrčkih furnirjev iz prvega poskusnega hloda.



Slika 21: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 2. poskus. hloda.



Slika 22: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 2. poskus. hloda.

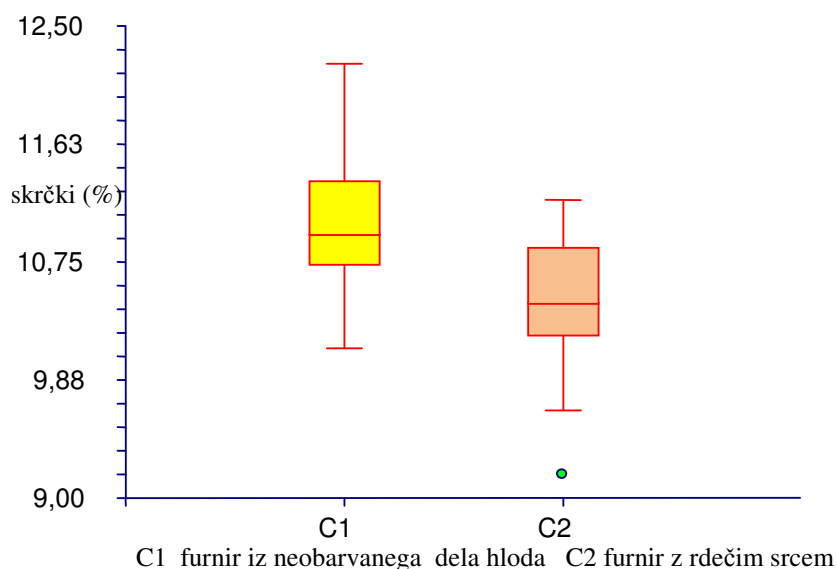
4.1.2.3 Krčenje furnirja iz tretjega poskusnega hloda

Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz tretjega poskus. hloda, so razvidne iz prilog E in F. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanjega dela tretjega poskusnega hloda, ki ni imel obarvanja; in furnirjev, ki so bili izdelani iz srčnega dela istega hloda, so razvidni iz preglednice 8. Povprečni vrednosti skrčkov sta zopet nekoliko višji, kot pri furnirjih iz drugega poskusnega hloda. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij podatkov smo uporabili Ttest za podatke z enakima variancama. Ta je pokazal, da se srednje vrednosti skrčkov furnirjev iz lesa brez napak in lesa z rdečim srcem statistično značilno razlikujeta. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 4,348$, tabelarična vrednost t -ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 1,997. S tem lahko zavrnemo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 8: Statistični podatki skrčkov furnirjev izdelanih iz 3. poskus. hloda z rdečim srcem.

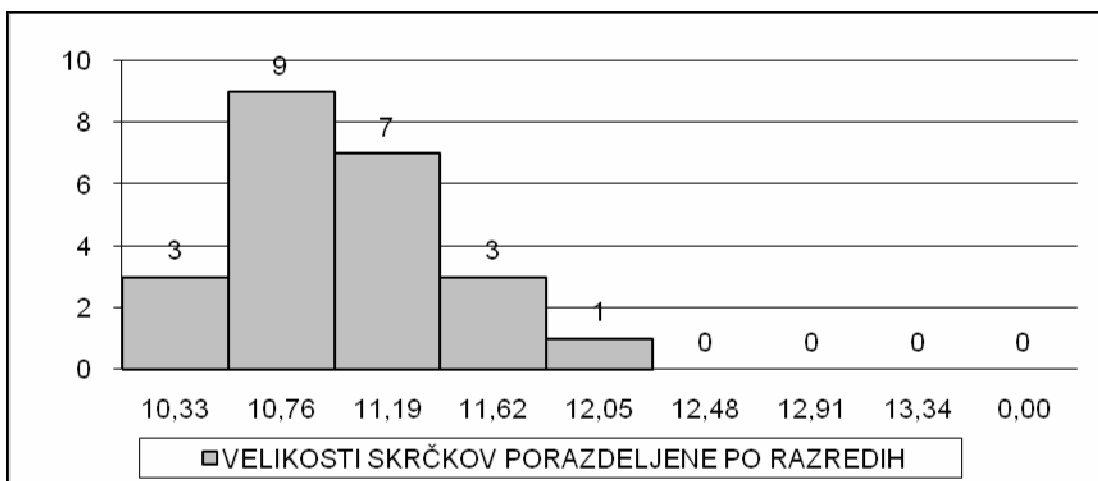
	stat. podatki o skrčkih furnirjev brez obarvanja (n=23)	stat. podatki o skrčkih furnirjev z rdečim srcem (n=49)
maks:	12,22	11,21
Q3	11,35	10,84
aritmetična sredina:	11,02	10,49
Q1	10,78	10,22
min:	10,11	9,65
varianca:	0,25	0,19
standardni odklon:	0,50	0,44

Diagram okvir z ročaji (slika 23), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe vrsti furnirjev, ki so bili izdelani iz tretjega poskusnega hloda. Iz diagrama so poleg razlik v aritmetičnih sredinah obeh populacij, razvidne približno enake variance obeh populacij, kot pri furnirju iz drugega poskusnega hloda in nekoliko manjše kot pri furnirju iz prvega poskusnega hloda. Nekaj več meritev pri obeh vrstah furnirjev je v območju od povprečne vrednosti do tretjega kvartila. Ena izmerjena vrednost pri srčnem furnirju je spodnji osamelec, ker odstopa pod minimalno vrednostjo. Odstopanje od povprečne vrednosti do maksimalnega skrčka je večje pri furnirjih izdelanih iz neobarvanega dela hloda, kot pri furnirjih izdelanih iz rdečega srca. Ostali statistični kazalniki ne izkazujejo posebnosti.

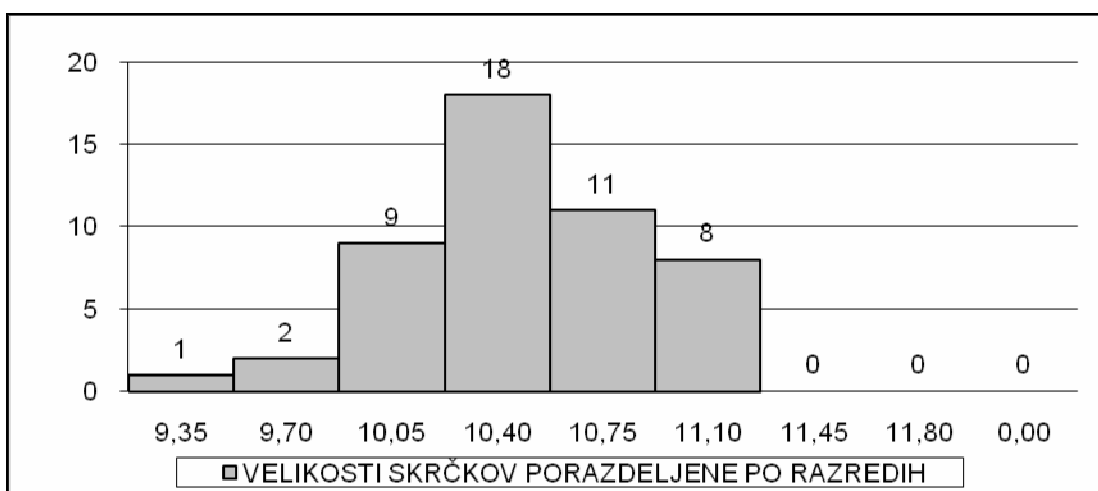


Slika 23: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 3. poskus. hloda.

Sliki 24 in 25 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za obe vrsti furnirjev, izdelanih iz tretjega poskusnega hloda. Na obeh histogramih se opazi porazdelitve izmerjenih vrednosti, ki so nekoliko asimetrične v desno, oziroma proti višjim vrednostim.

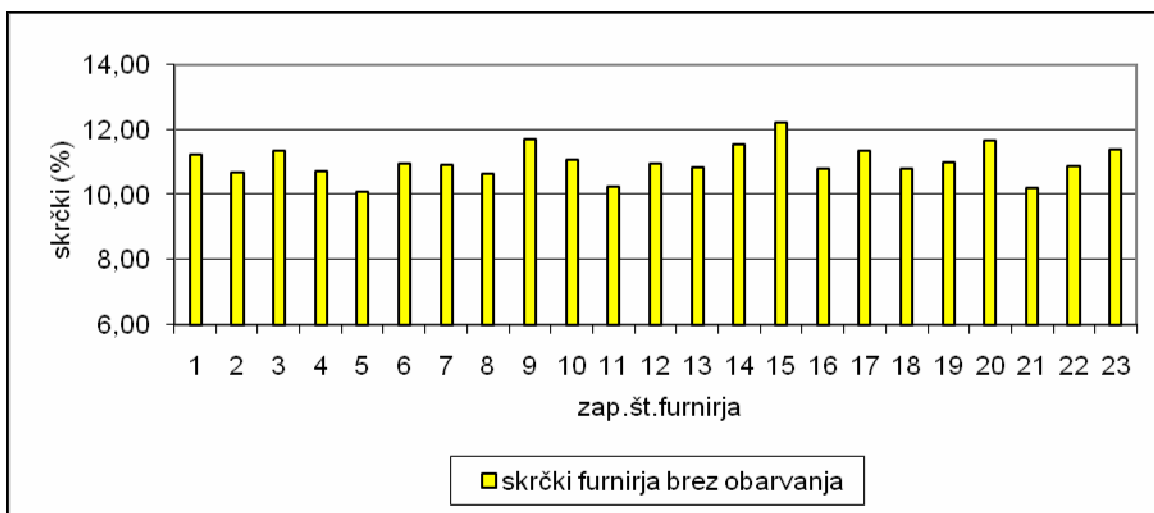


Slika 24: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz neobarvanega dela 3. hloda.

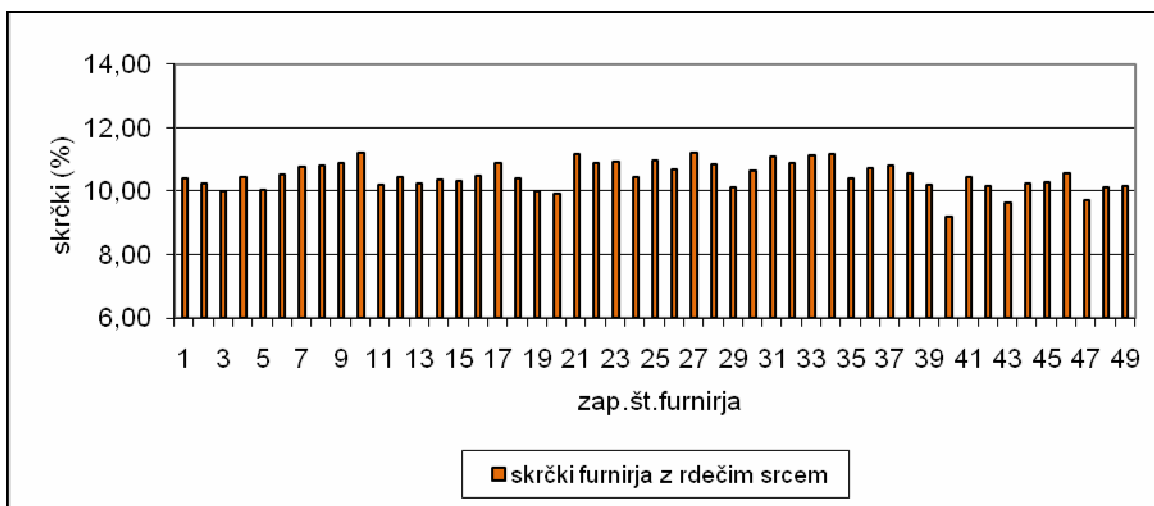


Slika 25: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz srčnega dela 3. hloda.

Sliki 26 in 27 prikazujeta velikosti skrčkov po zaporednih številkah furnirjev, kot so nastajali pri luščenju iz 3. poskusnega hloda. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz tretjega poskusnega hloda. Iz diagrama se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov, podobno kot pri prejšnjih dveh populacijah. Opaziti je tudi tendenco zniževanja velikosti skrčkov proti koncu hloda.



Slika 26: Prikaz skrčkov furnirjev brez obarvanja, po zaporedju iz 3. poskus. hloda.



Slika 27: Prikaz skrčkov furnirjev z rdečim srcem, po zaporedju iz 3. poskus. hloda.

4.1.2.4 Povzetek rezultatov meritev skrčkov furnirja iz treh poskusnih hlodov

Izmerjene vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh poskusnih hlodov z rdečim srcem, ki so bile statistično obdelane nam dajo izhodišče za naslednje zaključke:

- vsi poskusni hlodi so vsebovali približno 1/3 neobarvanega lesa v hlodu in 2/3 srčnega dela lesa,
- povprečne vrednosti skrčkov furnirjev iz neobarvanih delov treh poskusnih hlodov so večje od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev iz srčnih delov hlodov in so tudi statistično različne,
- pri drugi in tretji populaciji meritev je količina meritev nekoliko asimetrična,
- velikost skrčkov furnirjev se v vseh primerih zmanjšuje od oboda hloda proti sredini,
- v vseh primerih je opaziti tudi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov.

Na osnovi zgornji zaključkov se nam postavlja vprašanje ali se velikost skrčkov od oboda hloda proti sredini zmanjšuje zaradi pojava rdečega srca v sredini hloda ali se velikost skrčkov zmanjšuje zaradi kakega drugega vzroka. Da bi ugotovili to povezavo smo v nadaljevanju opravili meritve velikosti skrčkov iz treh testnih hlodov, ki pa niso vsebovali nič rdečega srca v sredini hloda.

4.1.3 Krčenje furnirja izdelanih iz testnih hlodov brez rdečega srca

Število furnirjev, ki so bili luščeni iz treh testnih hlodov, ki niso imeli rdečega srca smo razdelili na dva dela:

- na furnirje, ki so bili luščeni iz zunanjšega dela hloda do približno polovice premera,
- na furnirje, ki so bili luščeni iz hloda od približno sredine premera proti strženu.

Na njih smo opravili meritve skrčkov pri sušenju, tako kot smo to opravili na furnirju iz testnih hlodov.

4.1.3.1 Krčenje furnirja iz prvega testnega hloda brez rdečega srca

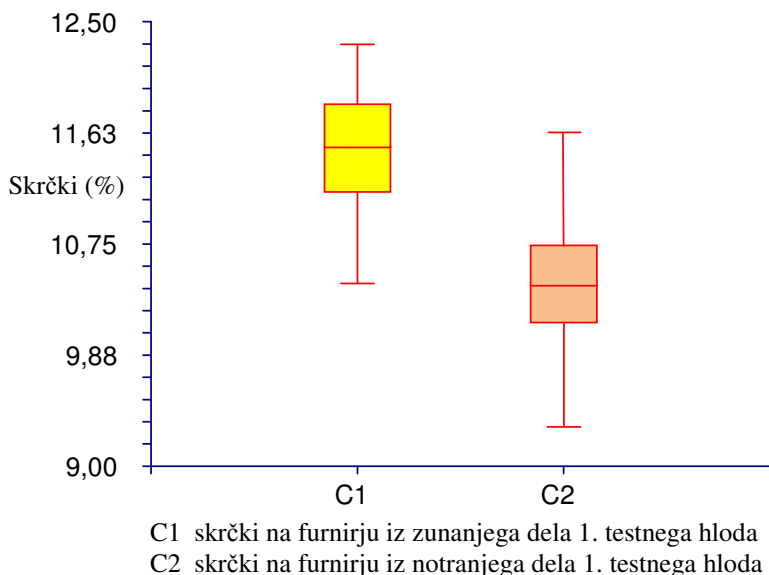
Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz prvega testnega hloda, so razvidne iz prilog G in H. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanjšega dela prvega testnega hloda, ki ni imel rdečega srca; in furnirjev, ki so bili izdelani iz notranjšega dela istega hloda, so razvidni iz preglednice 9. Povprečni vrednosti skrčkov sta različni. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij smo uporabili Ttest za podatke z enakima variancama. Ta je pokazal, da se aritmetični sredini skrčkov furnirjev izdelanih iz oboda hloda in furnirjev izdelanih iz notranjšega dela istega hloda, ki ni imel srca, statistično značilno razlikujeta. Absolutna razlika v skrčkih je 1,04 %. Furnirji iz zunanjšega dela hloda so imeli večje skrčke, kot tisti iz notranjšega dela istega hloda. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 10,219$ tabelarična vrednost t-ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 1,994. S tem lahko zavrnemo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 9: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 1. testnega hloda brez rdečega srca.

	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz oboda 1. test. hloda brez srca (n=39)	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz notranjšega dela 1. test. hloda brez srca (n=40)
maks:	12,32	11,60
Q3	11,85	10,73
aritmetična sredina:	11,47	10,44
Q1	11,18	10,14
min:	10,44	9,31
varianca:	0,19	0,22
standardni odklon:	0,43	0,47

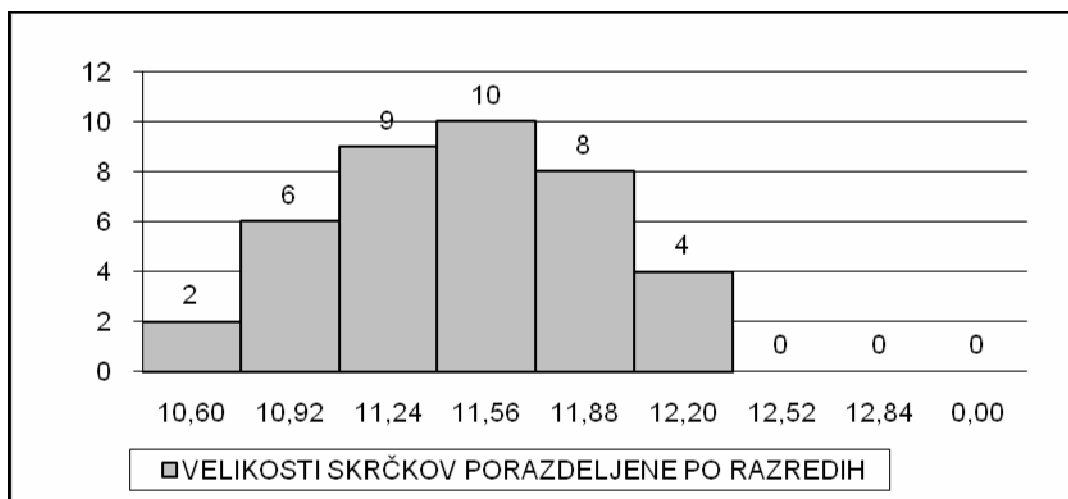
Diagram okvir z ročaji (slika 28), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe vrsti furnirjev, ki so bili izdelani iz prvega testnega hloda, brez srčnega obarvanja. Iz slike je razvidno, da sta aritmetični sredini obeh populacij različni. Variiranje velikosti skrčkov je nekoliko večje med aritmetično sredino in tretjim kvartilom pri obeh populacijah skrčkov, vendar ne toliko, da bi lahko govorili o statistično različnih variancah. Maksimalna in minimalna vrednost skrčkov sta pri furnirjih, ki so bili izdelani

iz notranjega dela hloda, bolj oddaljeni od aritmetične sredine, kot pri furnirjih, ki so bili izdelani iz zunanjega dela istega hloda.

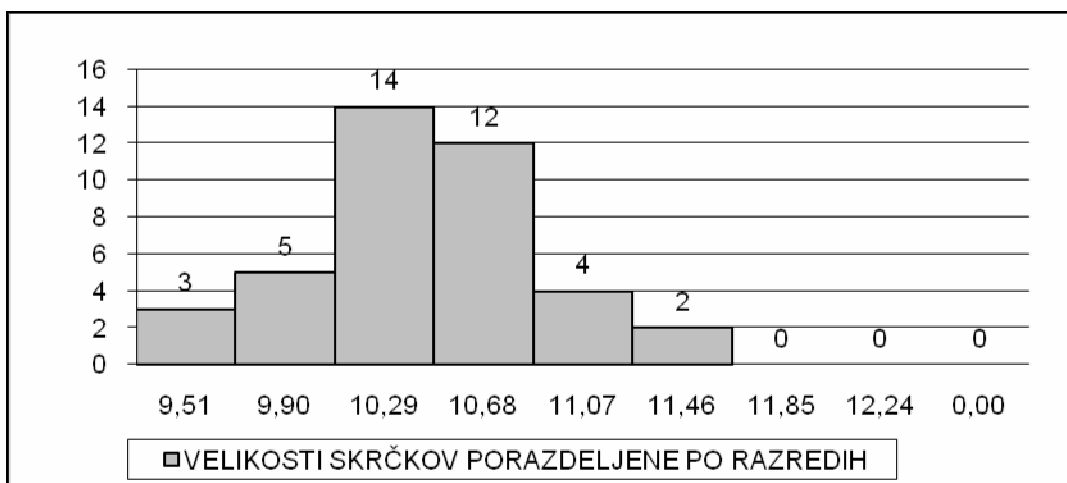


Slika 28: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 1. testnega hloda.

Sliki 29 in 30 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za furnirje izdelane iz zunanjega dela prvega testnega hloda in iz notranjega dela istega hloda. Na obeh histogramih se opazi dokaj normalno porazdelitev izmerjenih vrednosti, z rahlim odstopanjem proti nižjim vrednostim.

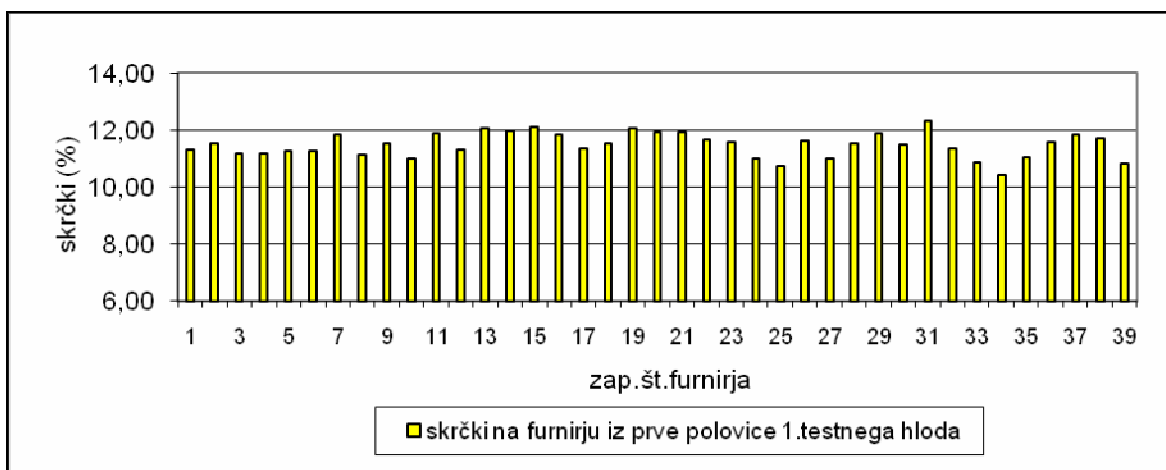


Slika 29: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanjega dela 1. testnega hloda.

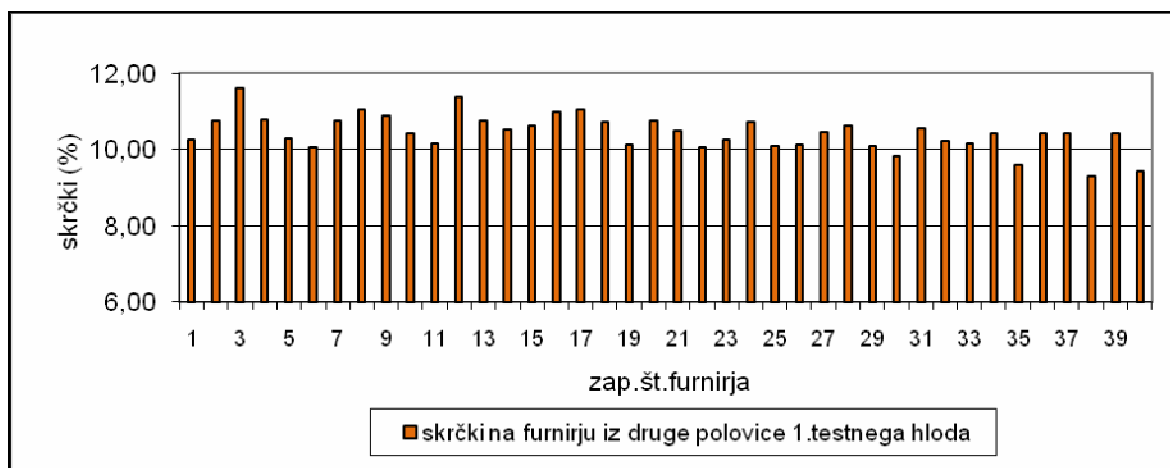


Slika 30: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjega dela 1. testnega hloda.

Sliki 31 in 32 prikazujeta velikost skrčkov po zaporednih številkah furnirja, kot je nastajal pri luščenju iz prvega testnega hloda brez srca. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz prvega testnega hloda. Iz diagramov se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov, kot pri skrčkih prejšnjih furnirjev. To ciklično spreminjanje velikosti bi lahko pojasnili na enak način kot smo to storili pri furnirju iz poskusnih hlodov. Iz diagrama je tudi opaziti tendenco zniževanja velikosti skrčkov proti koncu hloda.



Slika 31: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanega dela 1. testnega hloda brez rdečega srca.



Slika 32: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjega dela 1. testnega hloda brez rdečega srca.

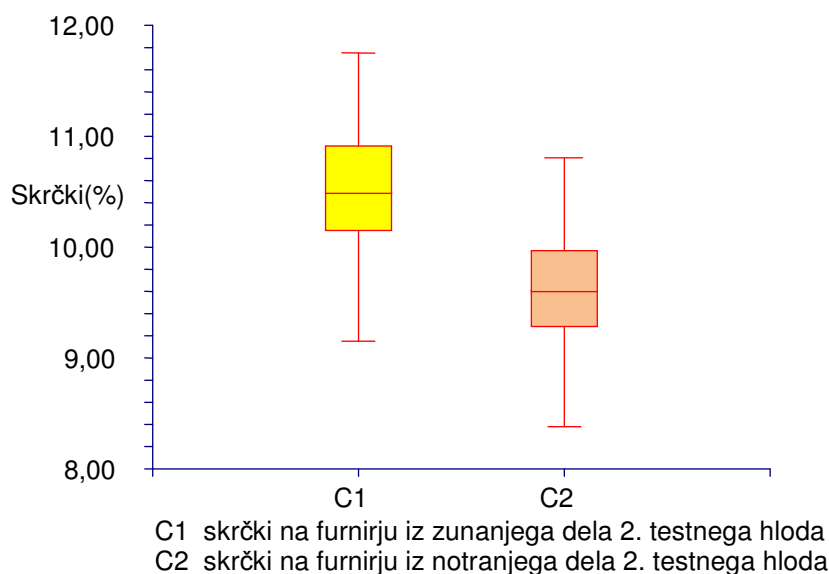
4.1.3.2 Krčenje furnirja iz drugega testnega hloda brez rdečega srca

Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz drugega testnega hloda, so razvidne iz prilog I in J. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanega dela drugega testnega hloda, ki ni vseboval rdečega srca; in furnirjev, ki so bili izdelani iz notranjega dela istega hloda, so razvidni iz preglednice 10. Povprečni vrednosti skrčkov sta različni. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij smo uporabili Ttest za podatke z enakima variancama. Ta je pokazal, da se aritmetični sredini skrčkov furnirjev iz oboda hloda in furnirjev iz notranjega dela istega hloda, ki ni imel srca, statistično značilno razlikujeta. Absolutna razlika v skrčkih je 0,93 %. Furnirji iz zunanega dela hloda so imeli večje skrčke, kot tisti iz notranjega dela istega hloda. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 6,507$ tabelarična vrednost t-ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 1,997. S tem lahko zavrnemo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 10: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 2. testnega hloda brez rdečega srca.

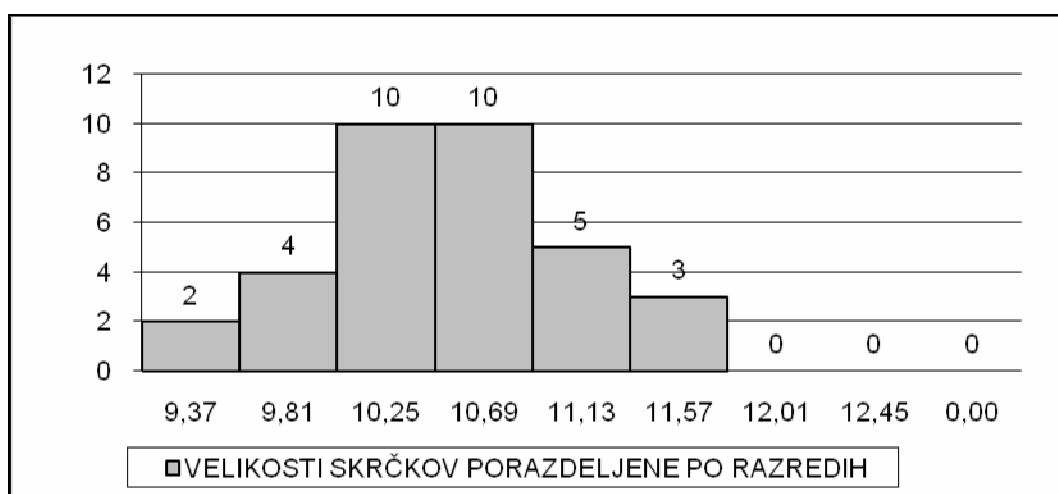
	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz oboda 2. test. hloda brez srca (n=34)	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz notranjega dela 2. test. hloda brez srca (n=36)
maks:	11,75	10,80
Q3	10,86	9,94
aritmetična sredina:	10,51	9,59
Q1	10,17	9,28
min:	9,15	8,38
varianca:	0,38	0,33
standardni odklon:	0,62	0,57

Diagram okvir z ročaji (slika 33), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe vrsti furnirjev, ki so bili izdelani iz drugega testnega hloda, brez srčnega obarvanja. Iz slike je razvidno, da sta aritmetični sredini obeh populacij različni. Variiranje velikosti skrčkov je nekoliko večje med aritmetično sredino in tretjim kvartilom pri obeh populacijah skrčkov, vendar ne toliko, da bi lahko govorili o statistično različnih variancah. Tudi maksimalna in minimalna vrednost skrčkov sta pri obeh vrstah furnirja približno enako oddaljeni od aritmetične sredine.

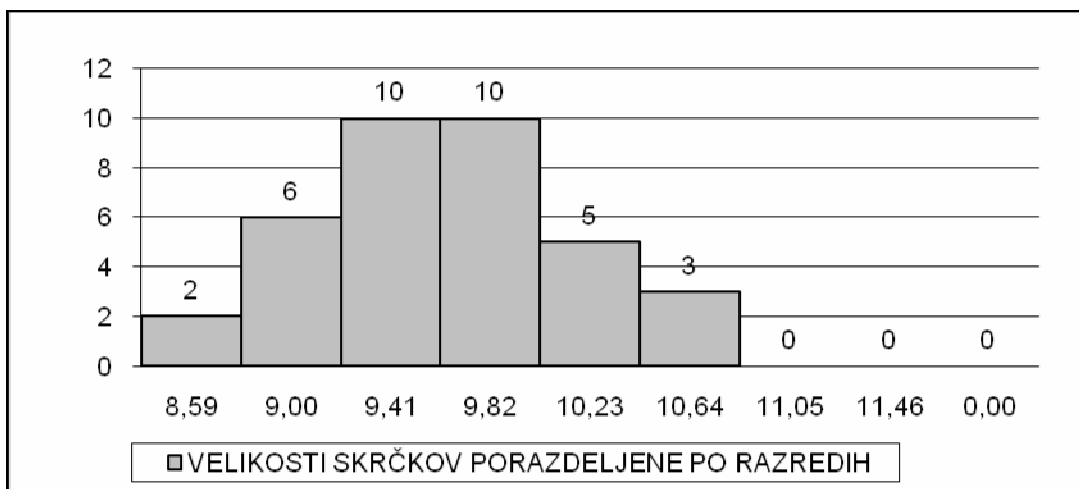


Slika 33: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 2. testnega hloda.

Sliki 34 in 35 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za furnirje izdelane iz zunanje delo drugega testnega hloda in iz notranje delo istega hloda, ki ni vseboval srčnega obarvanja. Na obeh histogramih se opazi dokaj normalno porazdelitev izmerjenih vrednosti.

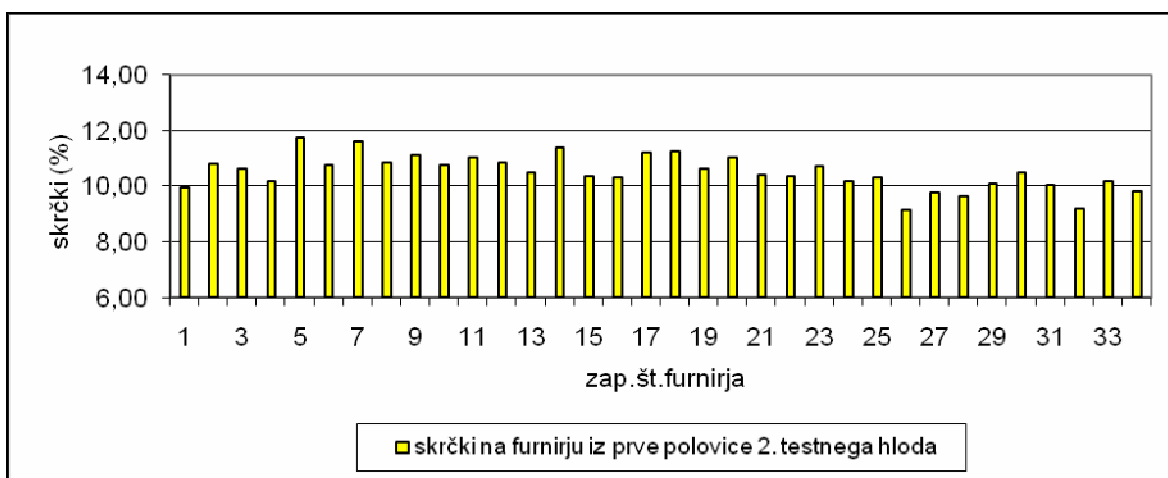


Slika 34: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanje delo 2. testnega hloda.

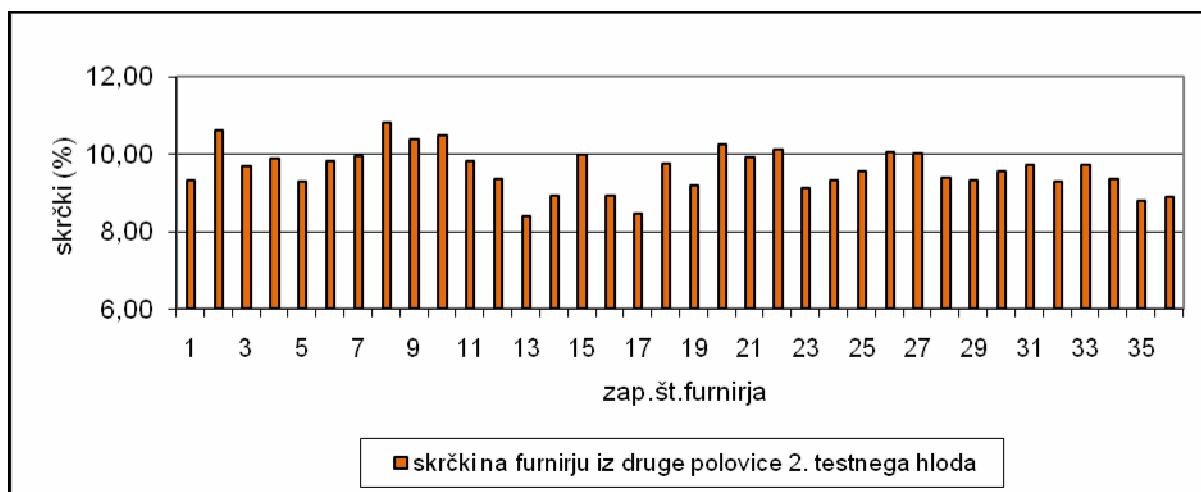


Slika 35: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjega dela 2. testnega hloda.

Sliki 36 in 37 prikazujeta velikost skrčkov po zaporednih številkah furnirjev, kot so nastajali pri luščenju iz drugega testnega hloda brez srca. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz drugega testnega hloda. Iz diagramov se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov, kot pri skrčkih prejšnjih furnirjev. Iz diagrama je tudi opaziti tendenco zniževanja velikosti skrčkov proti koncu hloda.



Slika 36: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanjega dela 2. testnega hloda brez rdečega srca.



Slika 37: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjega dela 2. testnega hloda brez rdečega srca.

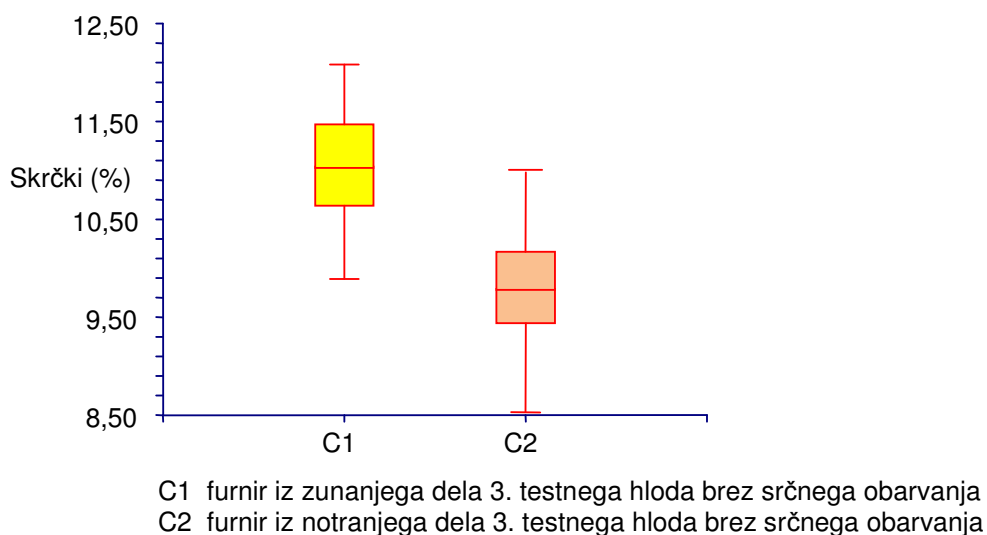
4.1.3.3 Krčenje furnirja iz tretjega testnega hloda brez rdečega srca

Meritve skrčkov furnirjev izdelanih iz tretjega testnega hloda, so razvidne iz prilog K in L. Statistični podatki o skrčkih furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanjšega dela tretjega testnega hloda, ki ni imel rdečega srca; in furnirjev, ki so bili izdelani iz notranjšega dela istega hloda, so razvidni iz preglednice 11. Povprečni vrednosti skrčkov sta različni. Za natančno ugotavljanje razlike povprečij iz dveh populacij smo uporabili Ttest za podatke z enakima variancama. Ta je pokazal, da se aritmetični sredini skrčkov furnirjev iz oboda hloda in furnirjev iz notranjšega dela istega hloda, ki ni imel srca, statistično značilno razlikujeta. Absolutna razlika v skrčkih je 1,25 %. Furnirji iz zunanjšega dela hloda so imeli večje skrčke, kot tisti iz notranjšega dela istega hloda. S 95% gotovostjo lahko trdimo, da se povprečne vrednosti aritmetičnih sredin statistično razlikujeta. Izračunana vrednost $t = 9,236$ tabelarična vrednost t -ja pri 95 % verjetnosti in pri dani stopnji prostosti pa je 1,999. S tem lahko zavrnemo ničelno hipotezo (H_0), da se aritmetični sredini statistično ne razlikujeta.

Preglednica 11: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz 3. testnega hloda brez rdečega srca.

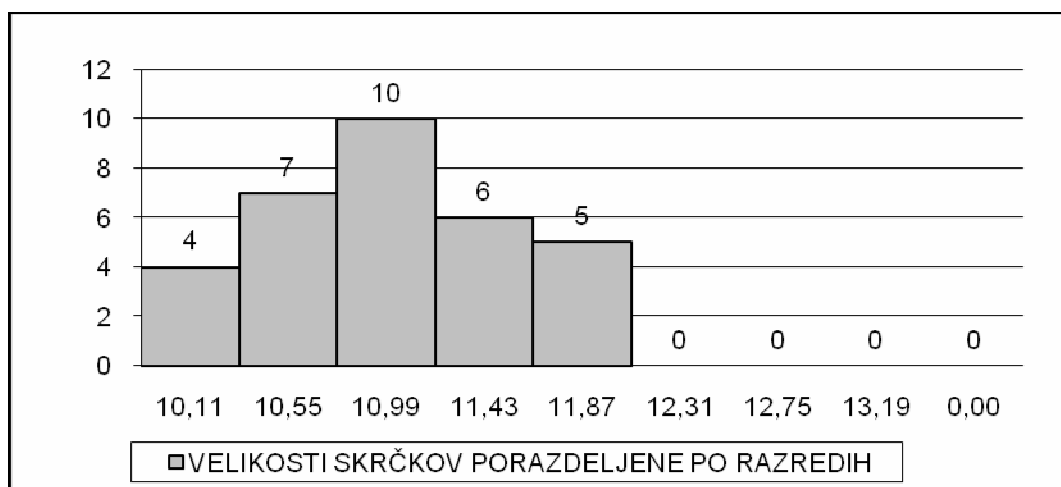
	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz oboda 3. test. hloda brez srca (n=32)	stat. podatki o skrčkih furnirjev iz notranjšega dela 3. test. hloda brez srca (n=32)
maks:	12,08	10,98
Q3	11,43	10,15
aritmetična sredina:	11,05	9,80
Q1	10,66	9,45
min:	9,89	8,53
varianca:	0,32	0,27
standardni odklon:	0,56	0,52

Diagram okvir z ročaji (slika 33), prikazuje razporeditev osnovnih statističnih parametrov za obe skupini furnirjev, ki so bili izdelani iz tretjega testnega hloda, brez srčnega obarvanja. Iz slike je razvidno, da sta aritmetični sredini obeh populacij različni. Variiranje velikosti skrčkov ni bistveno različno. Maksimalna in minimalna vrednost skrčkov sta pri furnirjih iz notranjega dela hloda bolj oddaljeni od aritmetične sredine, kot pri furnirjih izdelanih iz zunanjega dela istega hloda.

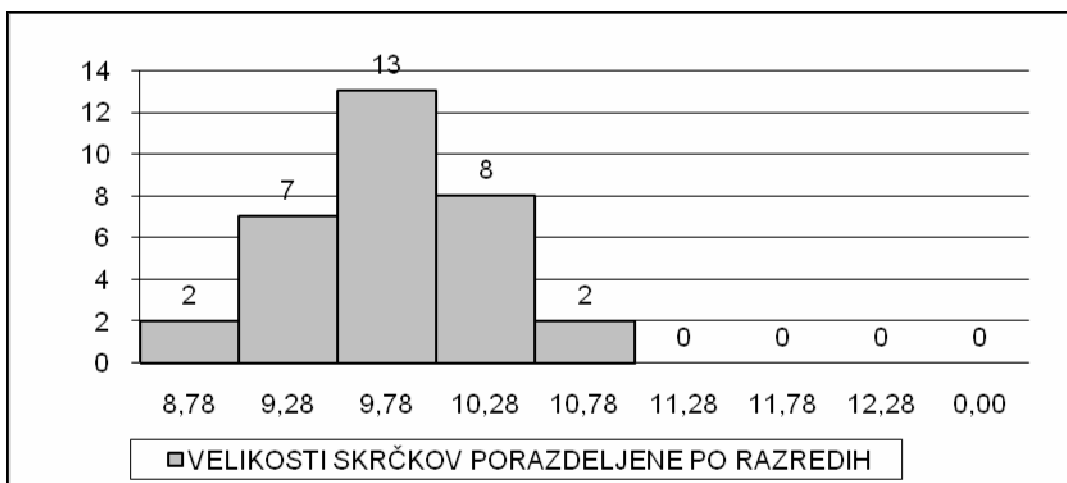


Slika 38: Primerjava statističnih podatkov o velikosti skrčkov furnirjev iz 3. testnega hloda.

Sliki 39 in 40 prikazujeta frekvenčno porazdelitev izmerjenih vrednosti skrčkov za furnirje izdelane iz zunanjega dela tretjega testnega hloda in iz notranjega dela istega hloda, ki ni vseboval rdečega srca. Na obeh histogramih se opazi dokaj normalno porazdelitev izmerjenih vrednosti.

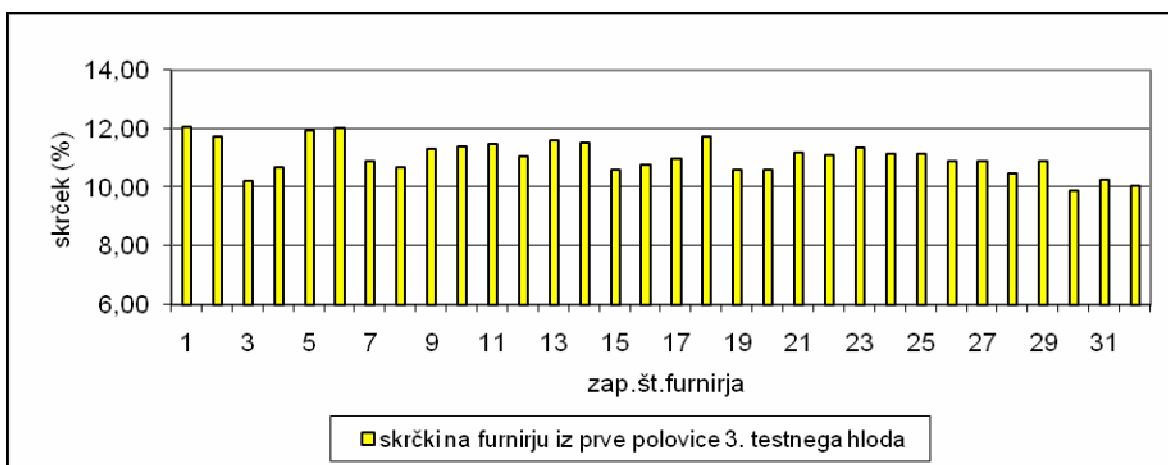


Slika 39: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz zunanjega dela 3. testnega hloda.

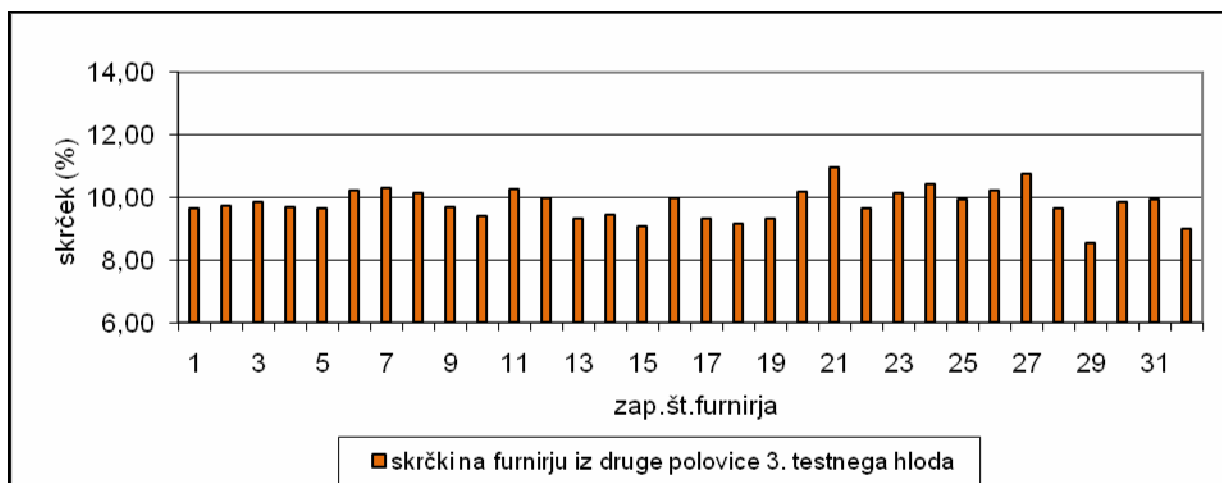


Slika 40: Frekvenčna porazdelitev skrčkov furnirjev iz notranjega dela 3. testnega hloda.

Sliki 41 in 42 prikazujeta velikost skrčkov po zaporednih številkah furnirjev, kot so nastajali pri luščenju iz tretjega testnega hloda brez srca. Zaporedna številka 1, pomeni prvi furnir širine 1100 mm, ki je nastal iz tretjega testnega hloda. Iz diagramov se opazi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov, kot pri skrčkih prejšnjih furnirjev. Opaziti je tudi tendenco zniževanja velikosti skrčkov proti koncu hloda.



Slika 41: Prikaz skrčkov furnirjev iz zunanjega dela 3. testnega hloda brez rdečega srca.



Slika 42: Prikaz skrčkov furnirjev iz notranjega dela 3. testnega hloda brez rdečega srca.

4.1.3.4 Povzetek rezultatov meritev skrčkov furnirja iz treh testnih hlodov

Podatki o velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh testnih hlodov brez rdečega srca, ki so bili statistično obdelani nam dajo izhodišče za naslednje zaključke:

- vsi testni hlodi niso vsebovali rdečega srca,
- povprečne vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz zunanjih delov testnih hlodov so statistično značilno večje od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev, ki so bili izdelani od polovice istih hlodov proti strženu,
- frekvenčna porazdelitev podatkov o velikosti skrčkov ima normalen značaj,
- velikost skrčkov furnirjev se v vseh primerih zmanjšuje od oboda hloda proti sredini,
- v vseh primerih je opaziti tudi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov.

Tudi v tem primeru se nam postavlja vprašanje zakaj se zmanjšuje velikost skrčkov od oboda hloda proti sredini hloda. V primeru furnirja, ki je bil izdelan iz poskusnih hlodov z rdečim srcem, smo menili da bi pojav rdečega srca lahko vplival na manjše krčenje furnirja proti sredini hloda. Vendar nam testni hlodi, ki niso vsebovali rdečega srca, to niso potrdili.

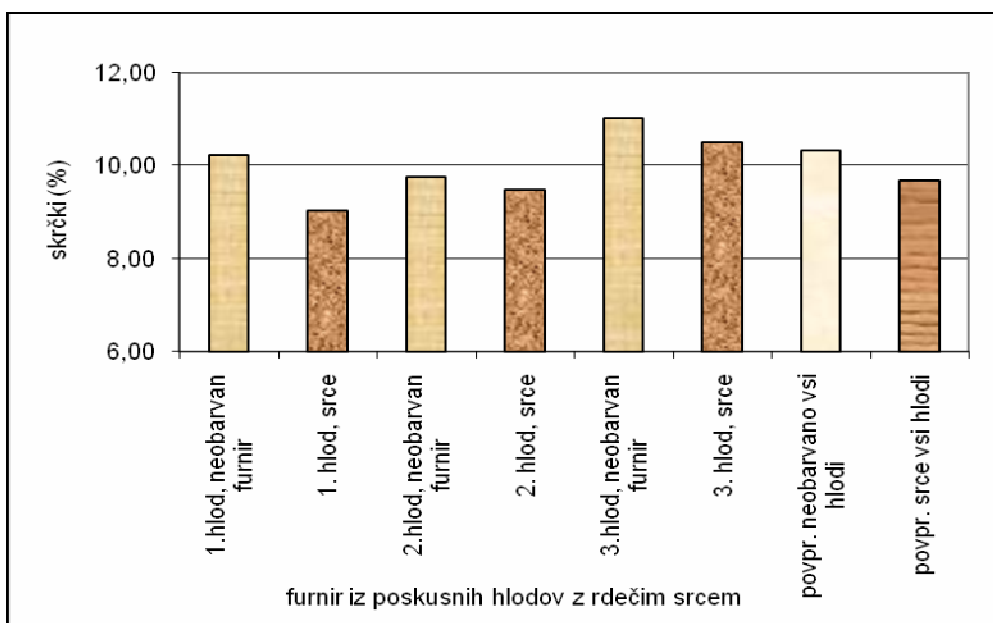
4.1.4 Primerjava skrčkov furnirjev iz poskusnih in testnih hlodov

Povprečne vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz zunanjih delov hlodov se statistično značilno razlikujejo od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev, ki so bili izdelani iz notranjih delov hlodov, ne glede na to ali so imeli hlodi rdeče srce ali ne. To pomeni, da rdeče srce pri hlodih in kasneje na furnirju, nima vpliva na manjše krčenje tega furnirja pri sušenju. To nam potrjujejo statistično obdelani podatki o skrčkih furnirjev iz testnih hlodov, ki niso imeli obarvanja. Pri furnirjih iz teh hlodov so bili skrčki na furnirjih iz sredine hloda vseeno statistično značilno manjši, kot pri furnirjih iz zunanjih delov hlodov. V preglednici 12 so prikazane povprečne vrednosti skrčkov na furnirjih iz poskusnih hlodov in na furnirjih iz testnih hlodov.

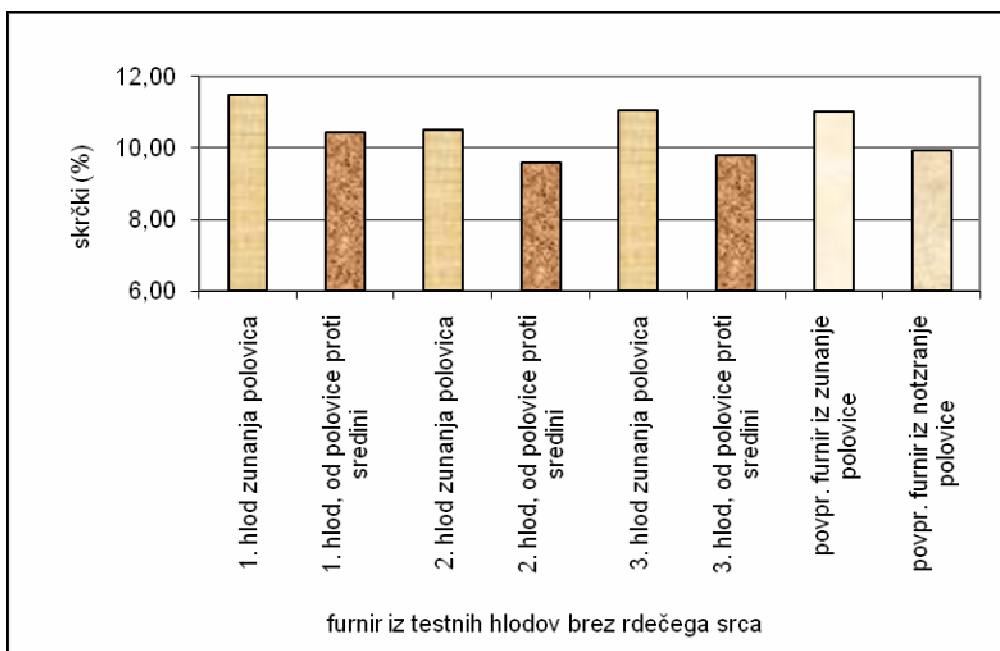
Preglednica 12: Velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh poskusnih in treh testnih hlodov.

skrčki na furnirju iz poskusnih hlodov (%)	1.hlod, neobarvan furnir	1. hlod, srce	2.hlod, neobarvan furnir	2. hlod, srce	3.hlod, neobarvan furnir	3. hlod, srce	povpr. neobarvano vsi hlodi	povpr. srce vsi hlodi
	10,22	9,03	9,76	9,48	11,02	10,49	10,33	9,67
skrčki na furnirju iz testnih hlodov (%)	1. hlod zunanja polovica	1. hlod, od polovice proti sredini	2. hlod zunanja polovica	2. hlod, od polovice proti sredini	3. hlod zunanja polovica	3. hlod, od polovice proti sredini	povpr. furnir iz zunanje polovice	povpr. furnir iz notranje polovice
	11,47	10,44	10,51	9,59	11,05	9,80	11,01	9,94

Sliki 43 in 44 prikazujeta povprečne vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz zunanjih in iz notranjih delov posameznih poskusnih in testnih hlodov. Skrčki na furnirjih izdelanih iz notranjih delov hlodov so statistično značilno manjši, ne glede na to ali so hlodi vsebovali rdeče srce ali ne. V povprečju so skrčki na furnirju izdelanem iz obarvanih delov poskusnih hlodov za 0,66 % manjši od skrčkov furnirjev iz zunanjih, neobarvanih delov istih hlodov. Povprečne vrednosti skrčkov furnirjev izdelanem iz notranjih delov testnih hlodov pa so za 1,07 % manjše od skrčkov furnirjev iz zunanjih delov istih hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca. Večja razlika v velikosti skrčkov furnirjev izdelanem iz zunanjih in notranjih delov neobarvanih hlodov brez srca je torej še nekoliko večja od te razlike pri furnirju izdelanem iz hlodov z rdečim srcem.



Slika 43: Prikaz povprečnih skrčkov furnirjev iz zunanjih in notranjih delov poskusnih hlobov.



Slika 44: Prikaz povprečnih skrčkov furnirjev iz zunanjih in notranjih delov testnih hlobov.

4.1.5 Vpliv gostote lesa na velikost krčenja furnirja pri sušenju

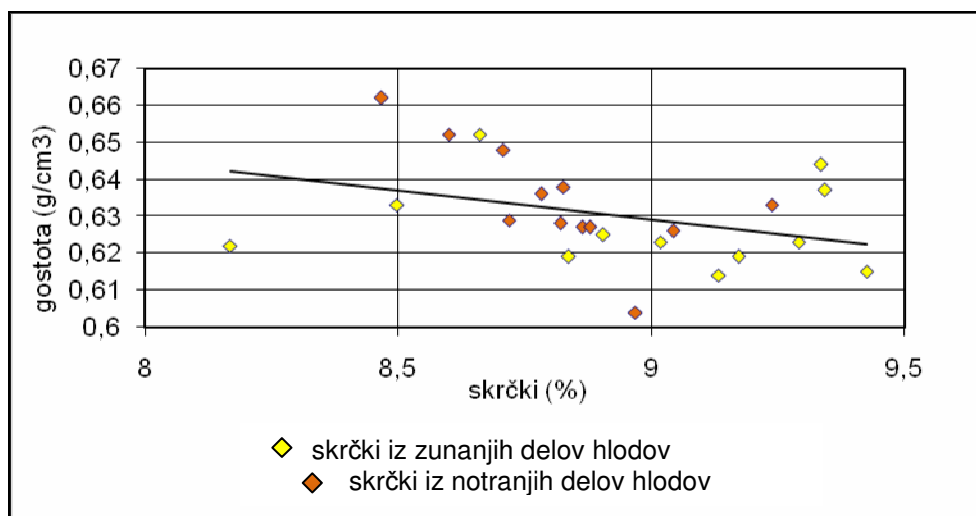
Ugotovili smo, da so povprečne velikosti skrčkov statistično značilno manjše na furnirjih, ki so izdelani iz osrednjih delov hloda, v primerjavi s tistimi, ki so izdelani iz zunanjih delov hloda. V nadaljevanju smo tudi ugotovili, da rdeče srce nima statistično značilnega vpliva na velikost krčenja furnirja pri sušenju v pretočni valjčni komorni sušilnici. Vprašanje je torej, kateri dejavniki bi lahko vplivali na to značilno manjše krčenje furnirjev izdelanih iz osrednjih delov hlodov. V strokovni literaturi najdemo podatke o gostoti lesa in vplivu gostote lesa na velikost krčenja furnirja.

Gostota je definirana kot masa lesa na enoto volumna. Gostota lesa variira od drevesne vrste do drevesne vrste. Znotraj ene drevesne vrste vplivajo na maso celičnih sten tudi morebitnimi ekstraktivi v lumnih in celičnih stenah (Panshin in Zeeuw, 1980). Povprečna gostota bukovine v absolutno suhem stanju je $r_0 = 680 \text{ kg/m}^3$, mejni vrednosti pa sta 490 in 880 kg/m^3 (Tsoumis, 1991). Bukev spada med drevesne vrste tipa III, pri katerih gostota pada od stržena proti obodu debla (Panshin in Zeeuw, 1980). Razlika med gostoto diskoloriranega lesa in beljave ni statistično značilna (Torelli, 1979). Pri določanju gostote lesa moramo upoštevati njeno variabilnost, ki je posledica anatomskih posebnosti, kot so:

- delež in porazdelitev različnih anatomskih celic skozi deblo,
- debeline celičnih sten (juvelilni, adultni les,..),
- variabilnosti lumnov,
- širine branik,
- delež ranega in kasnega lesa,
- vsebnost ekstraktivov v lumnih in celičnih stenah (Kollmann, Cote 1968).

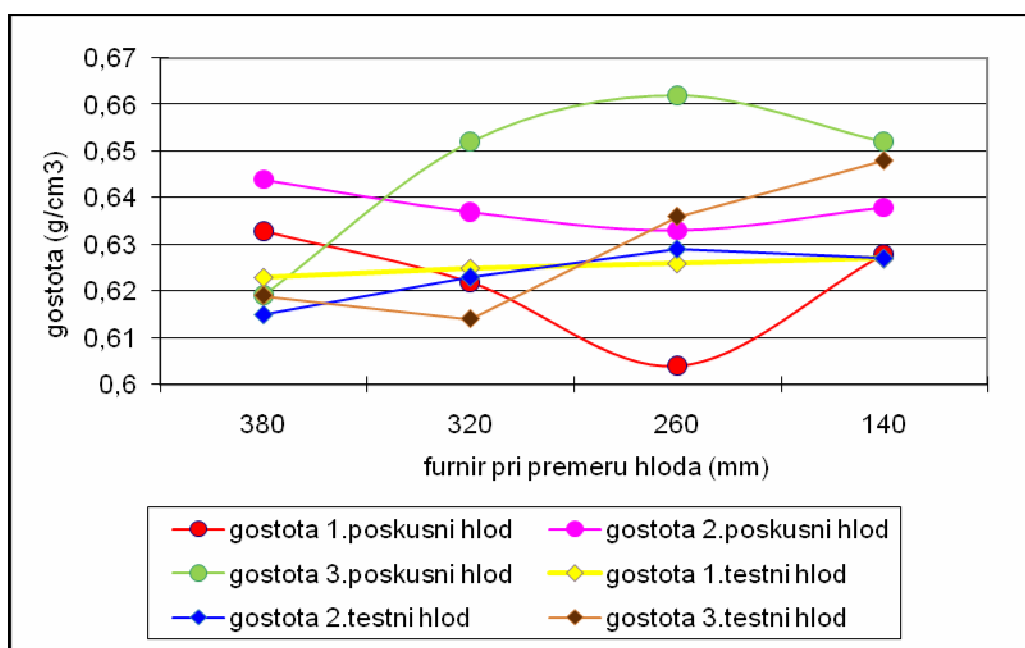
Vpliv gostote na krčenje lesa pri sušenju smo skušali ugotoviti po postopku opisanem v poglavju 3.4.

Slika 45 prikazuje primerjavo velikosti skrčkov z gostoto istega furnirja pri štirih karakterističnih premerih (38, 32, 26 in 14 cm). Iz slike je razvidno, da je velikost skrčkov furnirja pri večji gostoti furnirja nižja. Višja gostota furnirja pa se je pojavljala pri notranjih premerih hlodov. Ta podatek nas je nekoliko presenetil, saj je iz literature poznano, da z večanjem gostote krčenje lesa narašča. Večji skrčki naj bi nastali zaradi večje vsebnosti mase celičnih sten na enoto volumna. Opravili smo tudi statistično analizo o morebitni korelaciji med izmerjeno gostoto lesa in velikostjo skrčkov. Analiza je pokazala, da je povezava šibka in negativna (pearson = - 0,35). To pomeni, da z večanjem gostote lesa velikost skrčkov rahlo upada.



Slika 45: Primerjava velikosti skrčkov in gostote istih vzorcev furnirja iz hlodov z rdečim srcem in brez.

Primerjavo med gostoto lesa furnirjev, ki so bili izdelani iz hlodov z rdečim srcem in hlodov brez rdečega srca, in oddaljenostjo od oboda hloda – premeru pri katerem je bil furnir izdelan, kaže slika 46. Iz slike je razvidno, da je gostota lesa v sredini debla večja (npr. pri premeru 140 mm) kot pri obodu debla (npr. pri premeru hloda 380 mm). Opravili smo tudi statistično analizo morebitne korelacije med gostoto lesa in posameznim premerom pri katerem je bil luščen posamezen poskusni furnir. Analiza je pokazala, da je gostota lesa proti sredini hloda statistično značilno večja kot pri obodu. Povezava obstaja, a ni izrazita (pearson = 0,31). Neizrazitost povezave si razlagamo s tem, da so bili pri posameznem izbranem premeru hloda skozi luščenje, vzeti samo po trije, relativno majhni vzorci furnirja velikosti 10x10 cm. Gostote furnirja pri ostalih vmesnih premerih pa nismo ugotavljali.



Slika 46: Primerjava gostote furnirja s premerom hloda pri katerem je bil vzorec furnirja narejen.

4.1.6 Ostali dejavniki, ki vplivajo na velikost krčenja

Kot smo že v prejšnjem poglavju omenili, priznani raziskovalci navajajo, da gostota lesa pada od stržena hloda proti obodu debla (Panshin in Zeeuw, 1980). To nam potrjuje tudi primerjava gostote furnirja iz poskusnih in testnih hlodov s karakterističnim premerom hloda, pri katerem so bili ti vzorci narejeni. Poiskati moramo vzrok zakaj velikost skrčkov furnirjev od oboda debla proti strženu upada. Poleg že naštetih dejavnikov (vsebnost rdečega srca in gostota lesa), ki vplivajo na velikost krčenja lesa lahko naštejemo še sledeče:

- delež ranega in kasnega lesa v braniki,
- delež juvenilnega lesa,
- vsebnost tenzijskega lesa,
- vsebnost ekstraktivov,
- gradient vlažnosti po prečnem prerezu hloda
- oblika geometrijskega prereza lesnih vlaken (vzdolžni, radialni in tangencialni prerez).

Bukev je difuzno porozni listavec, ki ima traheje difuzno razporejene po širini branike. Širina branike od leta do leta variira. Pri difuzno poroznih listavcih ni mogoče dokazati zveze med širino branike, deležem ranega in kasnega lesa ter lastnostmi lesa (Torelli, 1979).

Za juvenilni les je značilno, da nastaja v prvih 10 – 20 letih rasti drevesa, pri nekaterih vrstah tudi dlje. Juvenilni les je sestavljen iz celic, ki so krajše in imajo tanjše celične stene ter večje lumne. Pri vrstah, ki v mladosti počasi priraščajo (npr. jelka, bukev) je delež juvenilnega lesa majhen (Kollmann in Cote, 1968). Zaradi naštetih dejavnikov ni bilo smiselno iskati njihovega vpliva na velikost krčenja furnirja pri bukvi.

Pri izbiri poskusnih in testnih hlodov smo pazili, da nismo izbrali takih hlodov, ki bi vsebovali tenzijski les ali les z večjo vsebnostjo ekstraktivov, kar bi lahko vplivalo na velikost krčenja furnirja. Zato nismo raziskovali vpliv teh dejavnikov na velikost krčenja furnirja.

Gradient vlažnosti po prečnem prerezu debla pada ob oboda proti strženu. Za difuzno porozne listavce kamor spada bukev je značilen sledeč razpored vode po prečnem prerezu: v kambialnem območju ranega lesa je vsebnost vode v lesu največja (od 90% do 105%), ki proti koncu ranega lesa pade na prib. 80% do 90 % in znaša proti kocu kasnega lesa prib. 50%. V vseh treh primerih pa je vlažnost višja od točke nasičenosti celičnih sten, ki se nahaja pri bukovih lesovih v območju med 32 in 35 %. Pod točko nasičenosti lesnih vlaken se les zaradi oddajanja vezane vode iz celičnih sten, higroskopsko krči, nad to točko pa se ne (Gorišek s sod., 1994). Les pri naših poskusnih in testnih hlodih je imel vedno višjo vlažnost od TNCS. Povprečna vlažnost vzorcev lesa iz oboda hlodov je bila od 85,3% do 92,56%, povprečna vlažnost vzorcev lesa iz sredine hlodov pa je bila od 52,5% do 55,5 % (glej tabele v prilogah A-L). Predvidevali smo, da bi ta različna začetna vlažnost pri konstantnih pogojih sušenja in konstantnem vnosu toplotne energije v pretočni sušilnici teoretično lahko vplivala na to, da bi prosta voda iz furnirjev iz osrednjih delov hloda prej izparela kot pri furnirjih iz perifernih delov. Tako bi se na furnirjih iz osrednjih delov debla prej začelo krčenje pod TNCS. Zato bi naj bili večji skrčki na furnirjih od sredine proti strženu, vendar v našem primeru niso bili. Tudi končna vlažnost furnirjev izdelanih iz oboda hlodov se ni bistveno razlikovala od vlažnosti furnirjev izdelanih iz sredine hloda.

Primer, ko zelo različna začetna vlažnost lesa iz obodov hlodov (variiranje za 25%), ne vpliva na to, da bi bila vlažnost posušenih furnirjev pri konstantnih pogojih sušenja bistveno različna (variiranje za 0,7%), navajajo avtorji Peplinski, Dudzinski in Mayka (2008).

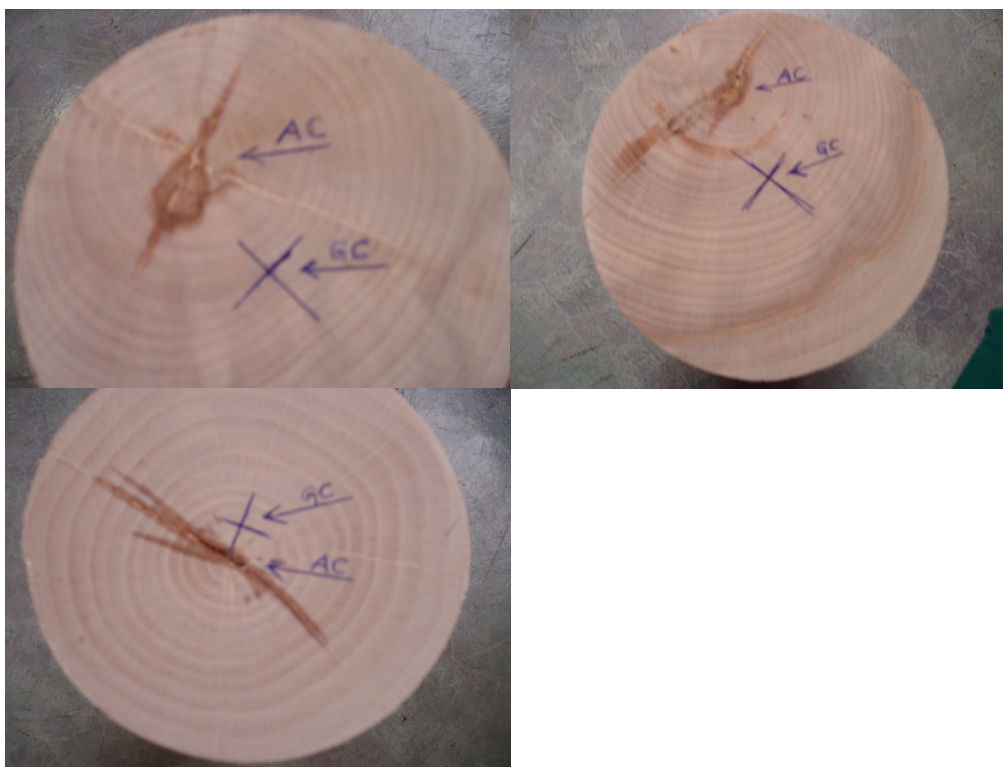
Ostane nam samo še en dejavnik – mesto vpetja luščenca, oziroma položaj anatomskega centra hloda in položaj oziroma mesto vpetja hloda. Teoretično ima centrično luščen furnir tangencialno usmeritev vlaken, (glede na položaj, ki so ga imela vlakna oziroma furnir v deblu), ob predpostavki da je hlod, ki smo ga luščili idealen valj. V primeru luščenja furnirja iz poskusnih hlodov in kasneje testnih hlodov, smo shranili tudi ostanek lesa, ki je ostal od luščenja. Ta osrednji del debela imenujemo v tehnološkem žargonu okroglica. Tako nam je od luščenja poskusnih in testnih hlodov ostalo 6 okroglic premerov od 10 – 12 cm. Zaradi ugotavljanja centra vpetja pri izdelavi testnega furnirja, smo iz vseh šestih okroglic z obeh čel odžagali kolute dolžine 10 cm. Čela kolotov smo odbrusili na tračnem brusilnem stroju, da so se bolje videle branike in letnice. Na čelih okroglic smo izmerili razdalje med centri branik (AC – anatomski center, tudi stržen) in geometrijskimi centri (GC) valjev – okroglic. Pri vsaki okroglici smo iz dveh meritev izračunali povprečno odstopanje AC od GC.

V primeru, ko položaj branik ni centričen glede na center okroglega prečnega prereza okroglice, lahko zaključimo, da ves luščen furnir nima popolnoma tangencialne teksture, ampak ima deloma tudi polradialno strukturo. Poleg tega tudi oblika branik v večini primerov ni enaka obliki kroga, ampak več ali manj odstopa od pravilne oblike kroga. V primeru, ko je furnir delno radialne strukture, se velikost higroskopskega krčenja takega furnirja takoj zmanjša v razponu nekje od okvirno 11,8% proti 5,8%, kolikor znašajo skrčki čistega radialnega lesa pri bukvi.

Slika 47 prikazuje prečni prerez kolotov okroglic iz hlodov, ki so vsebovali rdeče srce in iz katerih je bil luščen poskusni furnir. Slika 48 pa prečni prerez kolotov okroglic iz katerih je bil luščen testni furnir. Iz slik se vidi, da geometrijski centri valjev okroglic (GC) niso na istem mestu kot anatomski centri (AC) istih okroglic, oziroma prej hlodov. Geometrijski centri pri okroglicah iz poskusnih hlodov so bili oddaljeni od anatomskega centra za 28, 13 in 25 mm. Geometrijski centri okroglic iz testnih hlodov pa so bili oddaljeni od anatomskih centrov v dveh primerih za 30 mm v enem pa za 12 mm. Ker geometrijski centri in anatomski centri hlodov niso bili v istih točkah, je nastajal pri luščenju furnir, katerega tekstura je bila tudi polradialna. Zato je tudi krčenje furnirja večje pri furnirjih, ki so bili luščeni bolj iz zunanjih delov hlodov od tistih, ki so bili luščeni iz osrednjih delov in še bolj od tistih bližje sredini hlodov. Ugotovili smo, da je razlika v velikosti krčenja furnirjev, ki so bili luščeni iz zunanjih delov hlodov statistično značilno večja od tistih, ki so bili luščeni od polovice hloda proti strženu.



Slika 47: Prečni prerez okroglic od luščenja furnirja iz poskusnih hlovov z rdečim srcem

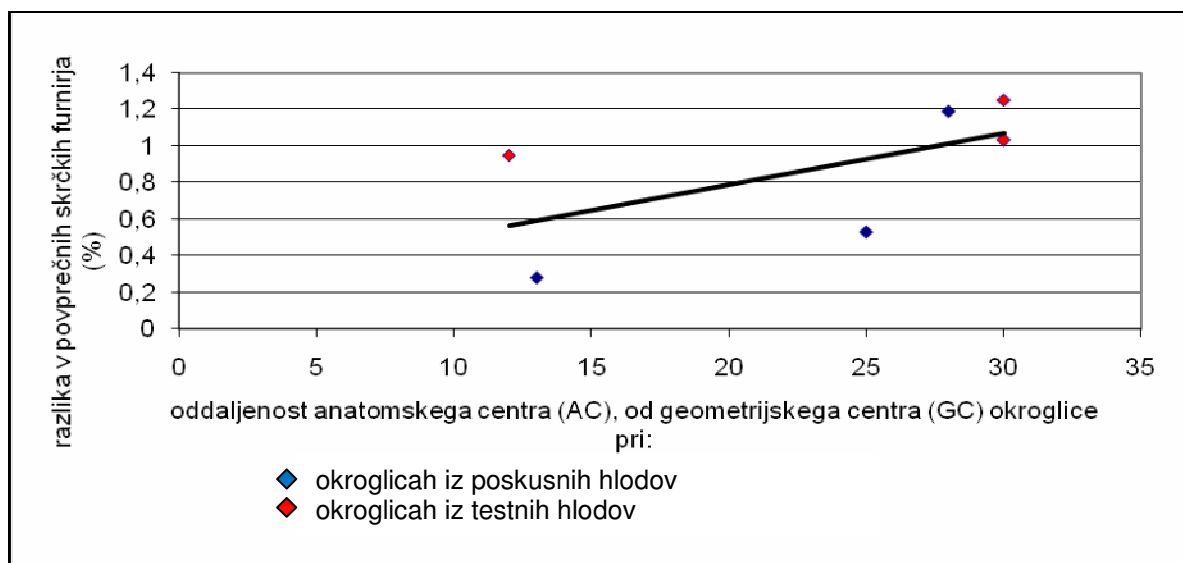


Slika 48: Prečni prerez ostankov okroglic od luščenja furnirja iz testnih hlovov.

Preglednica 13 prikazuje razlike med povprečnimi vrednostmi skrčkov furnirjev izdelanih iz zunanjih delov poskusnih in testnih hlodov in skrčkov furnirjev iz notranjih delov istih hlodov. Iz preglednice se opazi, da obstaja povezava med oddaljenostjo AC od GC in razliko v povprečnih skrčkih furnirjev. To povezavo nam potrjuje tudi pearsonov koeficient korelacije, ki znaša 0,6.

Preglednica 13: Prikaz razlike med povprečnimi vrednostmi skrčkov furnirjev in oddaljenosti AC od GC.

št. hloda	Z - aritmet. sredina skrčkov iz zunanjih delov hlodov (v %)	N - aritmet. sredina skrčkov iz notranjih delov hlodov (v %)	oddaljenost AC od GC (mm)	razlika Z-N
1. poskusni	10,22	9,03	28	1,19
2. poskusni	9,76	9,48	13	0,28
3. poskusni	11,02	10,49	25	0,53
1. testni	11,47	10,44	30	1,03
2. testni	10,54	9,59	12	0,95
3. testni	11,05	9,8	30	1,25



Slika 49: Grafični prikaz povezave med oddaljenostjo AC od GC in razliko v povprečnih skrčkih furnirjev

5 SKLEPI

Zbrani in statistično obdelani podatki o velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh poskusnih hlodov z rdečim srcem, so nas privedli do sledečih zaključkov:

- vsi trije poskusni hlodi so vsebovali približno 1/3 neobarvanega lesa v hlotu in 2/3 lesa z rdečim srcem,
- povprečne vrednosti skrčkov furnirjev iz neobarvanih delov treh poskusnih hlodov so statistično značilno večje od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev iz srčnih delov istih hlodov,
- velikost skrčkov furnirjev se v vseh treh primerih zmanjšuje od oboda hloda proti sredini,
- v vseh treh primerih je opaziti tudi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov.

Zanimalo nas je, ali na manjše krčenje furnirjev proti sredini hloda vpliva rdeče srce. Zato smo v nadaljevanju opravili tudi meritve velikosti skrčkov iz treh testnih hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca po prečnem prerezu hloda.

Iz podatkov o velikosti skrčkov furnirjev izdelanih iz treh testnih hlodov brez rdečega srca, smo prišli do sledečih zaključkov:

- povprečne vrednosti skrčkov furnirjev iz prvih polovic hloda od oboda proti sredini hlodov so statistično značilno večje od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev iz notranjih delov istih hlodov,
- velikost skrčkov furnirjev se v vseh treh primerih zmanjšuje od oboda hloda proti sredini,
- v vseh treh primerih je opaziti tudi ciklično spreminjanje velikosti skrčkov.

Skrčki furnirjev izdelani iz hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca, so bili prav tako statistično značilno manjši na furnirjih, ki so bili izdelani od polovice sredine hloda proti strženu. V primeru furnirjev, ki so bili izdelani iz poskusnih hlodov z rdečim srcem, smo menili da bi pojav rdečega srca lahko vplival na manjše krčenje furnirja proti sredini hloda. Vendar nam testni hlodi, ki niso vsebovali rdečega srca, tega niso potrdili.

Ker nismo našli povezave med velikostjo skrčkov furnirjev in pojavom rdečega srca, smo proučili vpliv gostote lesa na velikost skrčkov. Iz literature smo piskali ugotovitve v zvezi z gostoto lesa, ki so nam služile za nadaljnjo raziskavo vpliva gostote na velikost krčenja:

- gostota lesa variira od drevesne vrste do drevesne vrste,
- znotraj ene drevesne vrste vplivajo na maso celičnih sten tudi morebitnimi ekstraktivi v lumnih in celičnih stenah (Panshin in Zeeuw, 1980),
- bukev spada med drevesne vrste tipa III, pri katerih gostota pada od stržena proti obodu debla (Panshin in Zeeuw, 1980),
- razlika med gostoto diskoloriranega lesa in beljave ni statistično značilna (Torelli, 1979).

Glede na zgornje navedbe o vplivu gostote na krčenje lesa pri sušenju, smo opravili meritve gostote lesa na vzorcih furnirjev velikosti 10x10 cm, vzeti iz treh hlodov z rdečim srcem in treh hlodov brez rdečega srca, pri štirih različnih premerih teh hlodov (38, 32, 26 in 14 cm). Pri vsakem premeru vsakega hloda smo vzeli po tri vzorce velikosti 10x10 cm. Na teh furnirjih smo predhodno izmerili velikost krčenja furnirja pri sušenju.

Ugotovili smo, da je velikost skrčkov furnirjev pri višji gostoti furnirjev nižja. Opravili smo tudi statistično analizo o morebitni korelaciji med izmerjeno gostoto lesa in velikostjo

skrčkov. Analiza je pokazala, da je povezava šibka in negativna (pearson = - 0,35). To pomeni, da z večanjem gostote lesa velikost skrčkov v našem primeru rahlo upada (slika 45).

Ta podatek nas je presenetil, saj je iz literature poznano, da z večanjem gostote krčenje lesa narašča (Panshin in Zeeuw, 1980). Krčenje naj bi bilo večje zaradi večje vsebnosti mase celičnih sten (in s tem večja vsebnost celuloznih verig) na enoto volumna. Na osnovi teh ugotovitev smo zaključili, da manjši skrčki na furnirjih izdelanih bolj proti sredini hloda niso posledica vpliva gostote.

Poiskati smo morali nek drug vzrok zakaj velikost skrčkov furnirjev v našem primeru od oboda debela proti strženu upadala. Poleg že naštetih dejavnikov (vsebnost rdečega srca in gostota lesa), ki vplivajo na velikost krčenja lesa smo na osnovi strokovne literature proučili še vpliv sledečih dejavnikov:

- delež ranega in kasnega lesa v braniki,
- delež juvenilnega lesa,
- vsebnost tenzijskega lesa,
- oblika geometrijskega prereza lesnih vlaken (vzdolžni, radialni in tangencialni prerez),
- vsebnost ekstraktivov,
- gradient vlažnosti po prečnem prerezu hloda.

Tudi izmed naštetih dejavnikov nismo našli očitne povezave med manjšim krčenjem furnirjev izdelanih bolj iz sredin hlodov v primerjavi s tistim iz zunanjih delov hlodov.

Preverili še vpliv mesta vpetja luščenca, položaj anatomskega centra (AC) na teksturo in s tem na krčenje furnirja. Iz prečnih prerezov valjev okroglic, ki so nastali kot ostanki pri luščenju furnirja, smo ugotovili, da geometrijski centri valjev okroglic (GC) niso na istem mestu kot anatomska središča (AC, strženi) istih valjev, oziroma prej hlodov. Geometrijski centri pri valjih iz poskusnih hlodov so bili oddaljeni od anatomskih centrov za 28, 13 in 25 mm. Geometrijski centri okroglic iz testnih hlodov pa so bili oddaljeni od anatomskih centrov v dveh primerih za 30 mm v enem pa za 12 mm. V našem primeru, ko geometrijski centri in anatomske centri hlodov niso bili v istih točkah, je nastajal pri luščenju furnir, katerega prerez je bil vmes med tangencialnim in radialnim. Z manjšanjem premerov hlodov pri luščenju furnirja, je tako nastajal furnir, ki je imel proti središču hlodov vse večji delež radialnega prereza. Zato je bila velikost krčenja furnirja večja pri furnirjih, ki so bili luščeni bolj iz zunanjih delov hlodov v primerjavi s tistimi, ki so bili luščeni bliže sredini hlodov (slike prerezov okroglic: 47 in 48). S pomočjo korelacijske analize smo ugotovili, da obstaja povezava med odklikom AC od GC ter velikostjo skrčkov (pearson =0,6).

Poleg tega, pa tudi oblika branik pri hlodih ni enaka obliki kroga, ampak več ali manj odstopa od pravilne oblike kroga, kar še dodatno vpliva na različnost prerezov in na različno krčenje. Ta dejavnik je lahko imel vpliv na valovito spreminjajoče se velikosti skrčkov furnirjev po zaporedju luščenja iz hlodov (slike: 16,17; 21,22; 26,27; 31,32; 36,37; in 41,42). Smiselno bi bilo natančneje proučiti to hipotezo.

6 POVZETEK

Pri sušenju bukovega furnirja nastajajo različno veliki skrčki, ki povzročajo težave pri postavljanju nadmer za sušenje pri izdelavi mokrega furnirja. Zato se pri celih formatih furnirja občasno pojavljajo tudi furnirji, ki imajo po sušenju premalo nadmere za kasnejšo uporabo pri izdelavi vezanih plošč.

Cilj naloge je bil ugotoviti vpliv rdečega srca bukve na velikost krčenja furnirja pri sušenju, pri čemer so bili poskusni in testni hlodi predhodno hidrotermično obdelani po postopku »gretja« hloedovine.

Za poskus smo izbrali tri bukove hlode, ki so vsebovali rdeče srce in so bili hidrotermično obdelani po režimu »gretja« pri temperaturi 65°C in tri testne bukove hlode, ki niso vsebovali rdečega srca in so bili hidrotermično obdelani po enakem postopku.

Iz poskusnih hlodov, ki so vsebovali rdeče srce in testnih hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca, smo luščili bukov furnir nazivne širine 1100 mm. V obeh primerih smo merili širino mokrih furnirjev pred sušenjem, furnirje zapovrstjo oštevilčili, posušili pri enakih pogojih sušenja in po sušenju ponovno merili širino suhih furnirjev. Iz razlik med širinami mokrih in suhih furnirjev smo izračunali skrčke posameznih furnirjev. Izračunane skrčke smo statistično obdelali za vsako vrsto poskusnega in testnega hloda posebej. Podatke o velikosti skrčkov smo ločeno obdelali za furnirje iz zunanjih delov hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca in ločeno za furnirje iz notranjih delov hlodov, ki so vsebovali rdeče srce. Pri testnih hlodih, ki niso vsebovali rdečega srca smo podatke o skrčkih furnirjev razdelili v dve skupini: v skupino skrčkov furnirjev, ki so bili izdelani iz zunanjskega dela hloda do polovice in v skupino skrčkov furnirjev, ki so bili izdelani iz notranje polovice istih testnih hlodov. S statistično obdelavo podatkov smo želeli ugotoviti predvsem ali so povprečne vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz notranjih delov hlodov z rdečim srcem statistično značilno različne od povprečnih vrednosti skrčkov furnirjev izdelanih iz zunanjih delov istih hlodov in ali rdeče srce bukve vpliva na morebitno razliko v povprečnih vrednostih skrčkov furnirjev.

Ugotovili smo:

- povprečno krčenje furnirjev izdelanih iz notranjih delov treh poskusnih hlodov z rdečim srcem, je statistično značilno manjše od povprečnega krčenja furnirjev izdelanih iz zunanjih delov istih hlodov, kjer ni bilo rdečega srca,
- povprečno krčenje furnirjev izdelanih iz notranjih delov treh testnih hlodov, ki niso vsebovali rdečega srca, je statistično značilno manjše od povprečnega krčenja furnirjev izdelanih iz zunanjih delov istih hlodov, kjer tudi ni bilo rdečega srca,
- krčenje furnirjev enakomerno pada od oboda hloda proti sredini,
- rdeče srce bukve nima vpliva na nižje krčenje furnirjev proti sredini hloda,
- gostota lesa v našem primeru ni vplivala na manjše krčenje furnirja proti sredini hloda,
- gradient vlažnosti po prečnem prerezu ni vplival na manjše krčenje furnirja proti sredini hloda,

- na manjše krčenje furnirjev proti sredini hlodov je v našem primeru vplivala geometrija rezanja, oziroma večanje deleža radialne teksture furnirja s približevanjem centru hloda.

Iz prečnih prerezov okroglic smo ugotovili, da geometrijski centri valjev okroglic (GC) ne sovpadajo z anatomskimi centri (AC) ali strženom istih okroglic, oziroma prej hlodov. Z manjšanjem premera hlodov pri luščenju furnirja, je tako nastajal furnir, ki je imel bolj proti središču hlodov vse večji delež radialnega prereza. Geometrijski centri pri okroglicah iz poskusnih hlodov so bili oddaljeni od anatomskega centra za 28, 13 in 25 mm. Geometrijski centri okroglic iz testnih hlodov pa so bili oddaljeni od anatomskih centrov v dveh primerih za 30 mm v enem pa za 12 mm. V primeru, ko je furnir delno radialne strukture, se velikost higroskopskega krčenja takega furnirja takoj zmanjša v razponu od okvirno 11,8 proti 5,8 %, kolikor znašajo skrčki čistega radialnega lesa pri bukvi. Zato je bila velikost krčenja furnirja večja pri furnirjih, ki so bili luščeni bolj iz zunanjih delov hlodov od tistih, ki so bili luščeni bliže sredini hlodov (slike prerezov okroglic: 47 in 48). S korelacijsko analizo smo ugotovili, da obstaja povezava med odmikom AC od GC ter velikostjo skrčkov (pearson =0,6). Z večanjem odmika AC od GC, se je večala razlika med krčenjem furnirjev izdelanih iz oboda hloda v primerjavi s tistimi proti sredini hloda. Smiselna bi bila podrobnejša analiza vpliva mesta vpetja na velikost krčenja luščenega furnirja.

7 VIRI

- Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 54 str.
- Čufar K. 2002. Anatomija lesa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 123 str.
- Fleischer H.O. 1959. Heating Rates for Logs, Bolts and Flitches to be cut into veneer. U.S. Forest Laboratory, Madison, Wisconsin, Report 2149: 10 str.
- Gorišek Ž., Geršak M., Čop T., Velušček V., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 235 str.
- Kollmann F., Cote W. 1968. Principles of Wood Science and Technology, Part I. Solid Wood. Berlin, Springer - Verlag: 592 str.
- Kollmann F., Edward W. Kvenzi, Alfred J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology, Part II. Wood based Materials. Berlin, Heidelberg, New York, Springer - Verlag: 703 str.
- Mešič N. 1998. Furniri, furnirske i stolarske ploče. Sarajevo, Grafika Šaran: 387 str.
- Panshin A.J., Zeeuw C.d. 1980. Textbook of Wood Technology. Structure, Identification, Properties and Uses of a Commercial Woods of the United States and Canada. Fourth edition. New York, McGraw-Hill Book: 722 str.
- Pepinski R., Dudzinski J., Mayka J. 2008. Effects of the initial moisture content variation of Beech (*Fagus sylvatica* L.) veneer on its waviness and the moisture content distribution after drying. Wood Research, 53 (3): 99-110
- Tišler V. 1999. Kemija lesa. Študijsko gradivo za študente I. letnika visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 192 str.
- Torelli N. 1979. Fiziologija nastanka rdečega srca. Ljubljana, Les, 21, 9-10: 191-195
- Torelli N. 1998. Gostota in relativna gostota lesa. Ljubljana, Les, 50, 3: 50 -54
- Tsoumis G. 1991. Science and Technology of Wood, Structure, Properties, Utilization. New York, Van Nostrand Reinhold: 494 str.
- http://www.ncss.com/download_NCSS.html (8. april. 2009)

ZAHVALA

Delo je bilo opravljeno na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Dominiki Gornik Bučar za nasvete, usmerjanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Željku Gorišku za pregled diplomske naloge, za kritične pripombe in strokovne nasvete.

Zahvaljujem se tudi podjetju Novoles d.d., PC Vezan les, kjer so mi omogočili izvedbo eksperimentalnega dela diplomske naloge.

Hvala vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga A: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjega dela prvega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hoda št. 1		Furnir brez rdečega srca		
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)		42	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)		34	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)		91,96	u povpr. končna (%)	6-8
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)	
1	1107	1000	9,67	
2	1101	983	10,72	
3	1098	985	10,29	
4	1092	975	10,71	
5	1107	980	11,47	
6	1095	984	10,14	
7	1105	984	10,95	
8	1104	991	10,24	
9	1098	984	10,38	
10	1102	989	10,25	
11	1090	973	10,73	
12	1105	975	11,76	
13	1100	997	9,36	
14	1110	1002	9,73	
15	1080	974	9,81	
16	1110	997	10,18	
17	1120	1010	9,82	
18	1105	992	10,23	
19	1102	992	9,98	
20	1103	1004	8,98	
21	1117	1004	10,12	
22	1112	1008	9,35	
		max:	11,76	
		Q3	10,63	
		povpr.	10,22	
		Q1	9,82	
		min:	8,98	
		varianca:	0,44	
		standardni odklon:	0,66	

Priloga B: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela prvega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hoda št. 1		Furnir z rdečim srcem		
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Premer ob rdečem srcu (cm)		34	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer na okroglici (cm)		11	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)		52,53	u povpr. končna (%)	6-8
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)	
23	1086	981	9,67	
24	1100	1003	8,82	
25	1090	992	8,99	
26	1112	1007	9,44	
27	1092	986	9,71	
28	1100	998	9,27	
29	1101	998	9,36	
30	1105	1009	8,69	
31	1084	983	9,32	
32	1113	1010	9,25	
33	1086	987	9,12	
34	1105	1002	9,32	
35	1096	999	8,85	
36	1116	1020	8,60	
37	1090	994	8,81	
38	1100	1000	9,09	
39	1096	999	8,85	
40	1104	1010	8,51	
41	1100	1004	8,73	
42	1100	1003	8,82	
43	1099	999	9,10	
44	1104	1003	9,15	
45	1092	994	8,97	
46	1110	1018	8,29	
47	1095	1000	8,68	
48	1110	1003	9,64	
49	1087	985	9,38	
50	1120	1017	9,20	
51	1090	993	8,90	
52	1107	1009	8,85	
53	1130	1033	8,58	
54	1106	1009	8,77	
55	1080	982	9,07	
				Se nadaljuje, ...

56	1104	1006	8,88
57	1106	1013	8,41
58	1090	995	8,72
59	1102	1001	9,17
60	1096	992	9,49
61	1091	991	9,17
62	1108	1006	9,21
63	1080	982	9,07
64	1090	985	9,63
65	1062	969	8,76
		max:	9,71
		Q3	9,26
		povpr.	9,03
		Q1	8,79
		min:	8,29
		varianca:	0,12
		standardni odklon:	0,35

Priloga C: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjšega dela drugega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hloda št. 2		Furnir brez rdečega srca		
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)		41	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)		33	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)		85,3	u povpr. končna (%)	6-8
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)	
1	1090	988	9,36	
2	1110	1000	9,91	
3	1090	982	9,91	
4	1110	1004	9,55	
5	1100	996	9,45	
6	1100	993	9,73	
7	1100	992	9,82	
8	1100	994	9,64	
9	1110	1002	9,73	
10	1090	984	9,72	
11	1100	1003	8,82	
12	1098	986	10,20	
13	1100	1000	9,09	
14	1110	992	10,63	
15	1112	996	10,43	
16	1100	987	10,27	
17	1105	993	10,14	
18	1130	1023	9,47	
19	1129	1020	9,65	
		max:	10,63	
		Q3	10,02	
		povpr.	9,76	
		Q1	9,51	
		min:	8,82	
		varianca:	0,20	
		standardni odklon:	0,45	

Priloga D: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela drugega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hoda št. 2		Furnir z rdečim srcem	
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici
Premer ob rdečem srcu (cm)		33	T ₂ (°C) v sušilnici
Premer na okroglici (cm)		10	rel.zr.vl. f.(%)
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)
u povprečna začetna (%)		52,75	u povpr. končna (%)
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
20	1100	990	10,00
21	1110	1002	9,73
22	1090	984	9,72
23	1100	995	9,55
24	1110	1018	8,29
25	1110	1012	8,83
26	1110	1004	9,55
27	1090	984	9,72
28	1110	1000	9,91
29	1090	984	9,72
30	1110	1000	9,91
31	1110	1004	9,55
32	1090	991	9,08
33	1100	986	10,36
34	1100	997	9,36
35	1080	980	9,26
36	1110	1003	9,64
37	1100	996	9,45
38	1100	993	9,73
39	1110	1001	9,82
40	1100	989	10,09
41	1090	982	9,91
42	1100	996	9,45
43	1090	994	8,81
44	1100	1000	9,09
45	1090	982	9,91
46	1110	1004	9,55
47	1090	991	9,08
48	1110	1007	9,28
49	1100	997	9,36
50	1100	1000	9,09
51	1110	1013	8,74
52	1100	992	9,82
			Se nadaljuje, ...

53	1100	997	9,36
54	1100	1007	8,45
55	1090	989	9,27
56	1110	1006	9,37
57	1110	995	10,36
58	1110	1007	9,28
59	1070	974	8,97
60	1120	1001	10,63
61	1120	1020	8,93
		max:	10,63
		Q3	9,80
		povpr.	9,48
		Q1	9,13
		min:	8,29
		varianca:	0,25
		standardni odklon:	0,50

Priloga E: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjega dela tretjega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hoda št. 3		Furnir brez rdečega srca		
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)		44	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)		37	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)		91,13	u povpr. končna (%)	6-8
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)	
1	1113	988	11,23	
2	1095	978	10,68	
3	1111	985	11,34	
4	1137	1015	10,73	
5	1088	978	10,11	
6	1121	998	10,97	
7	1088	969	10,94	
8	1127	1002	10,65	
9	1125	993	11,73	
10	1090	969	11,10	
11	1123	1008	10,24	
12	1077	959	10,96	
13	1135	1012	10,84	
14	1099	972	11,56	
15	1121	984	12,22	
16	1090	972	10,83	
17	1119	992	11,35	
18	1090	972	10,83	
19	1125	1001	11,02	
20	1087	960	11,68	
21	1124	1009	10,23	
22	1083	965	10,90	
23	1133	1004	11,39	
		max:	12,22	
		Q3	11,35	
		povpr.	11,02	
		Q1	10,78	
		min:	10,11	
		varianca:	0,25	
		standardni odklon:	0,50	

Priloga F: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela tretjega poskusnega hloda z rdečim srcem

Furnir iz hoda št. 3		Furnir z rdečim srcem		
Datum meritve:		27.2.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Premer ob rdečem srcu (cm)		37	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer na okroglici (cm)		11	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)		1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)		55,52	u povpr. končna (%)	6-8
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)	
24	1096	982	10,40	
25	1114	1000	10,23	
26	1101	991	9,99	
27	1120	1003	10,45	
28	1087	978	10,03	
29	1121	1003	10,53	
30	1123	1002	10,77	
31	1127	1005	10,83	
32	1085	967	10,88	
33	1125	999	11,20	
34	1080	970	10,19	
35	1119	1002	10,46	
36	1083	972	10,25	
37	1121	1005	10,35	
38	1083	971	10,34	
39	1117	1000	10,47	
40	1082	964	10,91	
41	1116	1000	10,39	
42	1080	972	10,00	
43	1120	1009	9,91	
44	1084	963	11,16	
45	1113	992	10,87	
46	1089	970	10,93	
47	1110	994	10,45	
48	1086	967	10,96	
49	1115	996	10,67	
50	1079	958	11,21	
51	1125	1003	10,84	
52	1088	978	10,11	
53	1116	997	10,66	
54	1080	960	11,11	
55	1121	999	10,88	
56	1086	965	11,14	
			Se nadaljuje, ...	

57	1110	986	11,17
58	1106	991	10,40
59	1129	1008	10,72
60	1120	999	10,80
61	1081	967	10,55
62	1116	1002	10,22
63	1090	990	9,17
64	1120	1003	10,45
65	1111	998	10,17
66	1047	946	9,65
67	1082	971	10,26
68	1081	970	10,27
69	1080	966	10,56
70	1080	975	9,72
71	1075	966	10,14
72	1082	972	10,17
		max:	11,21
		Q3	10,84
		povpr.	10,49
		Q1	10,22
		min:	9,17
		varianca:	0,19
		standardni odklon:	0,44

Priloga G: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjega dela prvega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 1, v celoti brez rdečega srca			
Datum meritve:	24.4.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)	45	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)	brez srca	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)	1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)	92,56	u povpr. končna (%)	6-8
Furnir iz prve polovice 1. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
1	1080	958	11,30
2	1104	977	11,50
3	1084	963	11,16
4	1108	984	11,19
5	1083	961	11,27
6	1108	983	11,28
7	1089	960	11,85
8	1105	982	11,13
9	1085	960	11,52
10	1101	980	10,99
11	1084	955	11,90
12	1105	980	11,31
13	1077	947	12,07
14	1113	980	11,95
15	1084	953	12,08
16	1106	975	11,84
17	1084	961	11,35
18	1110	982	11,53
19	1085	954	12,07
20	1109	977	11,90
21	1081	952	11,93
22	1107	978	11,65
23	1091	965	11,55
24	1108	986	11,01
25	1082	966	10,72
26	1118	988	11,63
27	1075	957	10,98
28	1111	983	11,52
29	1085	956	11,89
30	1108	981	11,46
31	1104	968	12,32
32	1111	985	11,34
			Se nadaljuje, ...

33	1086	968	10,87
34	1111	995	10,44
35	1080	961	11,02
36	1115	986	11,57
37	1090	961	11,83
38	1111	981	11,70
39	1083	966	10,80
		max:	12,32
		Q3	11,85
		povpr.	11,47
		Q1	11,18
		min:	10,44
		varianca:	0,19
		standardni odklon:	0,43

Priloga H: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela prvega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 1, v celoti brez rdečega srca			
Furnir iz druge polovice 1. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
40	1112	998	10,25
41	1080	964	10,74
42	1112	983	11,60
43	1085	968	10,78
44	1109	995	10,28
45	1083	974	10,06
46	1108	989	10,74
47	1086	966	11,05
48	1111	990	10,89
49	1083	970	10,43
50	1112	999	10,16
51	1082	959	11,37
52	1115	995	10,76
53	1084	970	10,52
54	1112	994	10,61
55	1085	966	10,97
56	1114	991	11,04
57	1084	968	10,70
58	1115	1002	10,13
59	1081	965	10,73
60	1115	998	10,49
61	1084	975	10,06
62	1113	999	10,24
63	1084	968	10,70
64	1112	1000	10,07
65	1088	978	10,11
66	1110	994	10,45
67	1084	969	10,61
68	1111	999	10,08
69	1088	981	9,83
70	1118	1000	10,55
71	1075	965	10,23
72	1114	1001	10,14
73	1094	980	10,42
74	1085	981	9,59
75	1103	988	10,43
76	1104	989	10,42
77	1096	994	9,31
			Se nadaljuje, ...

78	1144	1025	10,40
79	1112	1007	9,44
		max:	11,60
		Q3	10,73
		povpr.	10,44
		Q1	10,14
		min:	9,31
		varianca:	0,22
		standardni odklon:	0,47

Priloga I: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjega dela drugega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 2, v celoti brez rdečega srca			
Datum meritve:	24.4.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)	42	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)	brez srca	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)	1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)	90,55	u povpr. končna (%)	6-8
Furnir iz prve polovice 2. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
1	1094	985	9,96
2	1083	966	10,80
3	1109	991	10,64
4	1081	971	10,18
5	1106	976	11,75
6	1089	972	10,74
7	1095	968	11,60
8	1086	968	10,87
9	1098	976	11,11
10	1116	996	10,75
11	1097	976	11,03
12	1087	969	10,86
13	1095	980	10,50
14	1099	974	11,37
15	1118	1002	10,38
16	1105	991	10,32
17	1095	972	11,23
18	1091	968	11,27
19	1118	999	10,64
20	1115	992	11,03
21	1098	984	10,38
22	1102	988	10,34
23	1110	991	10,72
24	1121	1007	10,17
25	1078	967	10,30
26	1115	1013	9,15
27	1085	979	9,77
28	1120	1012	9,64
29	1080	971	10,09
30	1115	998	10,49
31	1085	976	10,05
32	1119	1016	9,20
			Se nadaljuje, ...

33	1080	970	10,19
34	1120	1010	9,82
		max:	11,75
		Q3	10,86
		povpr.	10,51
		Q1	10,17
		min:	9,15
		varianca:	0,38
		standardni odklon:	0,62

Priloga J: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela drugega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 2, v celoti brez rdečega srca			
Furnir iz druge polovice 2. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
35	1118	1014	9,30
36	1085	970	10,60
37	1117	1009	9,67
38	1083	976	9,88
39	1120	1016	9,29
40	1082	976	9,80
41	1118	1007	9,93
42	1083	966	10,80
43	1118	1002	10,38
44	1087	973	10,49
45	1122	1012	9,80
46	1080	979	9,35
47	1122	1028	8,38
48	1122	1022	8,91
49	1082	974	9,98
50	1111	1012	8,91
51	1090	998	8,44
52	1120	1011	9,73
53	1112	1010	9,17
54	1085	974	10,23
55	1120	1009	9,91
56	1126	1012	10,12
57	1075	977	9,12
58	1106	1003	9,31
59	1100	995	9,55
60	1126	1013	10,04
61	1108	997	10,02
62	1078	977	9,37
63	1115	1011	9,33
64	1078	975	9,55
65	1113	1005	9,70
66	1110	1007	9,28
67	1060	957	9,72
68	1070	970	9,35
69	1081	986	8,79
70	1081	985	8,88
		max:	10,80
		Q3	9,94
			Se nadaljuje, ...

povpr.	9,59
Q1	9,28
min:	8,38
varianca:	0,33
standardni odklon:	0,57

Priloga K: Skrčki furnirjev izdelanih iz zunanjega dela tretjega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 3, v celoti brez rdečega srca			
Datum meritve:	24.4.2008	T ₁ (°C) v sušilnici	155
Zunanji premer hloda (cm)	41	T ₂ (°C) v sušilnici	165
Premer ob rdečem srcu (cm)	brez srca	rel.zr.vl. f.(%)	40
Dimenzija mokr.fur. (mm)	1320 x 1,65	hitrost suš.(m/min)	3,5
u povprečna začetna (%)	92,33	u povpr. končna (%)	6-8
Furnir iz prve polovice 3. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
1	1118	983	12,08
2	1107	977	11,74
3	1096	984	10,22
4	1111	992	10,71
5	1089	959	11,94
6	1096	964	12,04
7	1101	981	10,90
8	1115	996	10,67
9	1096	972	11,31
10	1113	986	11,41
11	1123	994	11,49
12	1084	964	11,07
13	1120	990	11,61
14	1083	958	11,54
15	1120	1001	10,63
16	1078	962	10,76
17	1118	995	11,00
18	1083	956	11,73
19	1122	1003	10,61
20	1120	1001	10,63
21	1081	960	11,19
22	1117	993	11,10
23	1081	958	11,38
24	1083	962	11,17
25	1113	989	11,14
26	1082	964	10,91
27	1119	997	10,90
28	1115	998	10,49
29	1082	964	10,91
30	1112	1002	9,89
31	1081	970	10,27
			Se nadaljuje, ...

32	1113	1001	10,06
		max:	12,08
		Q3	11,43
		povpr.	11,05
		Q1	10,66
		min:	9,89
		varianca:	0,32
		standardni odklon:	0,56

Priloga L: Skrčki furnirjev izdelanih iz notranjega dela tretjega testnega hloda brez rdečega srca

Furnir iz testnega hoda št. 3, v celoti brez rdečega srca			
Furnir iz druge polovice 3. testnega hloda:			
Zap.št. furn.	širina mokrega furnirja (mm)	širina suhega furnirja (mm)	skrček (%)
33	1117	1009	9,67
34	1079	974	9,73
35	1117	1007	9,85
36	1116	1008	9,68
37	1078	974	9,65
38	1113	999	10,24
39	1076	965	10,32
40	1115	1002	10,13
41	1082	977	9,70
42	1114	1009	9,43
43	1080	969	10,28
44	1110	999	10,00
45	1081	980	9,34
46	1110	1005	9,46
47	1125	1023	9,07
48	1094	985	9,96
49	1104	1001	9,33
50	1068	970	9,18
51	1117	1013	9,31
52	1090	979	10,18
53	1120	997	10,98
54	1077	973	9,66
55	1116	1003	10,13
56	1095	981	10,41
57	1075	968	9,95
58	1074	964	10,24
59	1078	962	10,76
60	1078	974	9,65
61	1078	986	8,53
62	1075	969	9,86
63	1096	987	9,95
64	1090	992	8,99
		max:	10,98
		Q3	10,15
		povpr.	9,80
		Q1	9,45
		min:	8,53
		varianca:	0,27
		standardni odklon:	0,52

Priloga M: Primerjava skrčkov furnirjev in gostote furnirjev pri izbranih premerih hlodov

Hlod.št.	Furnir pri premeru hloda (mm)	povprečna širina mokrega furnirja (mm)	povprečna širina suhega furnirja (mm)	povprečni skrček (%)	povprečna gostota (g/cm ³)
1	380	1118	1023	8,50	0,633
	320	1114	1023	8,17	0,622
	260	1115	1015	8,97	0,604
	140	1111	1013	8,82	0,628
2	380	1114	1010	9,34	0,644
	320	1081	980	9,34	0,637
	260	1115	1012	9,24	0,633
	140	1099	1002	8,83	0,638
3	380	1109	1011	8,84	0,619
	320	1120	1023	8,66	0,652
	260	1122	1027	8,47	0,662
	140	1093	999	8,60	0,652
4	380	1120	1019	9,02	0,623
	320	1078	982	8,91	0,625
	260	1128	1026	9,04	0,626
	140	1117	1018	8,86	0,627
5	380	1114	1009	9,43	0,615
	320	1087	986	9,29	0,623
	260	1078	984	8,72	0,629
	140	1115	1016	8,88	0,627
6	380	1123	1020	9,17	0,619
	320	1084	985	9,13	0,614
	260	1093	997	8,78	0,636
	140	1114	1017	8,71	0,648

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marjan ZUPANČIČ

**VPLIV RDEČEGA SRCA NA KRČENJE BUKOVEGA
LUŠČENEGA FURNIRJA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009