

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter MIHIC

**KVALITETA BUKOVE HLODOVINE IN IZKORISTEK PRI
LUŠCENJU FURNIRJA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE QUALITY OF BEECH WOOD AND EXPLOITATION OF
PEELED VENEER**

GRADUATION THESIS
Higher profesional studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Eksperimentalni del je bil opravljen v podjetju Novoles d.d., profitnem centru Vežan les.

Študijska komisija Oddelka za lesarstvo je z mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Katarino Cufar, za somentorico doc. dr. Dominiko Gornik Bucar, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška.

Mentorica: Prof. dr. Katarina Cufar

Somentorica: Doc. dr. Dominika Gornik Bucar

Recenzent: Prof. dr. Željko Gorišek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Peter Mihic

KLJUCNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*826.1
KG bukev (*Fagus sylvatica* L.)/hlodovina/furnir/luščenje/izkoristek/kakovost
AV MIHIC, Peter
SA CUFAR, Katarina (mentorica)/BUCAR-GORNIK, Dominika (somentorica),
GORIŠEK Željko (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2006
IN KVALITETA BUKOVE HLODOVINE IN IZKORISTEK PRI LUŠČENJU
FURNIRJA
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP XI, 71 str. 20 pregl., 24 sl., 1 pril. 7 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Spremljali smo kakovost lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.) v procesu proizvodnje luščenega furnirja od prevzema in krojenja hlodovine, luščenja furnirja, krojenja na mokrih škarjah, sušenja in krojenja na suhih škarjah. Spremljali smo izgube in predlagali rešitve za njihovo zmanjšanje. Podatki o prevzemu hlodovine na skladišču surovin in razvrščanje v kakovostne razrede kažejo, da se kakovost hlodovine v zadnjih 5 letih nekoliko poslabšuje. Analiza odcevkov, ki nastajajo pri krojenju hlodovine, kaže, da se največji izmet pojavi zaradi celnih razpok, zaradi sprostitve notrajnih napetosti. Racunalniško voden krojenje hlodovine, bi zmanjšalo izmet. Pri racunalniško vodenem luščenju nastopi največji izmet zaradi zaokrožitve hlodov, ostankov od luščenja in zaradi dolžinske nadmere krojenih hlodov. Pri krojenju furnirja na mokrih škarjah avtomatski optični citalniki zaznajo le napake, ki jih je mogoče presvetliti, ne pa napak v barvi ali teksturi lesa. Slednje odpravljamo pri krojenju na suhih škarjah, ko je furnir že posušen. Pri racunalniško vodenem sušenju furnirja na valjcnem pretocnem sušilniku volumsko krcenje furnirja znaša 12,6 %, kar je v mejah pričakovanega. Kakovost posušenega furnirja močno odraža kakovost surovine, saj napake zaradi notranjih napetosti, tenzijskega lesa in grc v postopku sušenja povzročajo gubanje, zvijanje in pokanje furnirja. Krojenje suhega furnirja je odvisno od namena uporabe. Furnirji za zunanje sloje morajo biti kavalitetnejši in brez napak.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*826.1
CX beech (*Fagus sylvatica* L.)/log/veneer/peeling the veneer/exploitation/quality
AU MIHIC Peter
AA CUFAR, Katarina (supervisor)/BUCAR-GORNIK, Dominika (co-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 2006
TI THE QUALITY OF BEECH WOOD AND EXPLOITATION OF PEELED
VENEER
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO XI, 71 p. 20 tab., 24 fig., 1 ann., 7 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Quality of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood was studied through different phases of
peeled veneer production. These phases included control of logs at the timber-yard
and their cutting (shortening), as well as veneer peeling, its cutting on 'wet' shears,
drying, and cutting on 'dry' shears. The loss of raw material in each of the phases
was determined, and solutions for its reduction recommended. The results show
that the quality of supplied raw material has been decreasing over the period of the
last 5 years. The analysis of cut logs reveals that the biggest losses occur due to
cutting of their end parts to remove the shakes and splits formed due to released
growth stresses. The computer controlled cutting of logs can reduce these losses. A
majority of losses caused during the computer controlled peeling is due to 'rounding'
of the logs, because of inability to use the central parts of the logs remained after
peeling, and in case the logs are oversized (too long). The veneer is checked with
optical scanners before cutting on 'wet' shears. The scanners recognize only the
defects that transmit the light, but they cannot detect the ones in wood colour and
grain. The volume shrinkage of the peeled veneer during drying is 12.6 %, which is
expected. The quality of dry veneer proved to be in accordance with the quality of the
raw material. The defects like growth stresses, tension wood, and knots provoke
twisting and splitting of the veneer in the process of drying. Final cutting of the
veneer on 'dry' shears depends on its end use. The veneer for outer layers of the
plywood needs to be of the highest quality and without defects.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUCNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	IX
1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA S CILJI.....	10
2 SPLOŠNI DEL.....	11
2.1 BUKEV	11
2.1.1 Opis lesa.....	11
2.1.2 Opis drevesa buke	12
2.1.3 Uporaba	12
2.1.4 Tabela lastnosti bukovine (po Cufar 2002).....	12
2.2 DEJAVNIKI KVALITETE LESA.....	14
2.2.1 Oblika debla.....	14
2.2.2 Grce	14
2.2.3 Rastne (notranje) napetosti (po Cufar, 2002)	16
2.2.4 Reakcijski les (po Cufar, 2002)	18
2.2.5 Juvenilni, adultni in senescentni les (po Cufar, 2002).....	20
2.2.6 Beljava, jedrovina, diskoloriran les (po Cufar, 2002).....	21
2.3 KLASIFICIRANJE HLODOVINE.....	23
2.3.1 Hlodovina kvalitete F.....	24
2.3.2 Hlodovina kvalitete L.....	24
2.3.3 Hlodovina kvalitete I.....	24
2.3.4 Hlodovina kvalitete II.	24
2.3.5 Hlodovina kvalitete III.....	25
2.4 TEHNOLOŠKE FAZE PROIZVODNJE LUŠCENEGA FURNIRJA	25
2.4.1 Definicija furnirja	25
2.4.2 Skladiščenje in zaščita furnirske hlodovine	25
2.4.3 Hidrotermična obdelava bukove hlodovine	26
2.4.4 Krojenje hlodovine na dolžino furnirja z nadmero	27
2.4.5 Lupljenje (čiščenje) hlodovine	29
2.4.6 Luščenje furnirja	29
2.4.7 Krojenje furnirja na mokrih škarjah.....	31
2.4.8 Sušenje furnirja	33
2.4.9 Kondicioniranje furnirja in obrez na suhih škarjah	34
3 MATERIALI IN METODE	36
3.1 PREVZEM BUKOVE HLODOVINE NA SKLADIŠČU SUROVIN IN RAZVRŠČANJE V KVALITETNE RAZREDE	36
3.2 VPLIV KVALITETNIH DEJAVNIKOV NA IZKORISTKE PRI KROJENJU HLODOVINE	36
3.3 VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI LUŠČENJU FURNIRJA	37

3.4	VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI KROJENJU FURNIRJA NA MOKRIH ŠKARJAH.....	37
3.5	VPLIV KVALITETE LESA NA IZGUBE PRI SUŠENJU FURNIRJA.....	37
3.6	VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI KROJENJU SUHEGA FURNIRJA.....	38
4	REZULTATI	39
4.1	PREVZEM BUKOVE HLODOVINE PO KAKOVOSTI.....	39
4.1.1	Hidrotermicna obdelava	43
4.2	KROJENJE HLODOV.....	46
4.3	LUŠCENJA FURNIRJA.....	49
4.4	KROJENJE MOKREGA FURNIRJA	52
4.5	SUŠENJE FURNIRJA	55
4.6	KROJENJE SUHEGA FURNIRJA	57
5	RAZPRAVA	60
6	SKLEPI	67
7	POVZETEK.....	69
8	VIRI.....	71
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Kolicina prevzete bukove hlodovine v letih 2000 do 2004 po kvalitetnih razredih in osnovna statistika	39
Preglednica 2: Delež (%) prevzete bukove hlodovine po kvaliteti v letih od 2000 do 2004...	39
Preglednica 3: Prevoz bukove hlodovine (m ³) po mesecih za posamezno leto in statistični kazalci.....	40
Preglednica 4: Kolicina dobavljene bukove hlodovine (m ³) po kvaliteti za posamezni mesec (za leta 2003- 2005) in statistični kazalci.....	41
Preglednica 5: Delež dobavljene bukove hlodovine (%) po kvaliteti za posamezni mesec (za leta 2003-2005).....	42
Preglednica 6: Kolicina in delež krojene grete hlodovine kvalitete F.....	46
Preglednica 7: Kolicina in delež krojene parjene hlodovine kvalitete F.....	46
Preglednica 8: Kolicina in delež krojene parjene hlodovine kvalitete L.....	47
Preglednica 9: Kolicina in delež krojene grete hlodovine kvalitete L	47
Preglednica 10: Kolicina in delež luščenega furnirja grete bukove hlodovine F kvalitete	49
Preglednica 11: Kolicina in delež luščenega furnirja parjene bukove hlodovine F kvalitete ..	50
Preglednica 12: Kolicina in delež luščenega furnirja parjene bukove hlodovine L kvalitete ..	50
Preglednica 13: Kolicina in delež luščenega furnirja grete bukove hlodovine L kvalitete.....	50
Preglednica 14: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz parjene bukove hlodovine kvalitete F na mokrih škarjah.....	52
Preglednica 15: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz grete bukove hlodovine kvalitete F na mokrih škarjah.....	53
Preglednica 16: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz parjene bukove hlodovine kvalitete L na mokrih škarjah.....	53
Preglednica 17: Kolicina in delež krojenje luščenega furnirja iz grete bukove hlodovine kvalitete L na mokrih škarjah.....	53
Preglednica 18: Meritve skrckov parjenega furnirja po dolžini, širini in debelini.....	55
Preglednica 19: Meritve skrckov gretega furnirja po dolžini, širini in debelini	56
Preglednica 20: Kolicina in delež krojenja suhega furnirja	58

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Zrasla, zdrava grca v lesu bukove	15
Slika 2: Hlod bukve z vraslo grco	16
Slika 3: Celne razpoke, kolesivost kot posledica notranjih napetosti in rdece srce bukovine .	18
Slika 4: Beljava, rdece srce in piravost na bukovem luščenem furnirju.....	22
Slika 5: Parilna jama s hlodovino kvalitete L	27
Slika 6: Verižna žaga »DOLMAR« za precni razrez hlodov na krojenju.....	28
Slika 7: Stroj za lupljenje hlodovine	29
Slika 8: Stroj za centricno luščenje furnirja	30
Slika 9: Stroj za centricno luščenje furnirja – luščilka.....	31
Slika 10: Mokre škarje »COLOMBO CREMONA«	32
Slika 11: Odlagalna naprava za moker furnir po krojenju na mokrih škarjah	33
Slika 12: Sušilnica za sušenje furnirja »BABCOCK«	34
Slika 13: Škarje za obrez suhega furnirja »OLM-CREMONA« s krmilnikom.....	35
Slika 14: Povprečni mesečni prevzem hlodovine v letih 2002 do 2005	41
Slika 15: Delež dobavljene bukove hlodovine po mesecih (leta 2003-2005)	43
Slika 16: Trakovi za transport furnirja od mokrih škarij do odlagalnih mest	54
Slika 17: Škarje za suh furnir »MULLER-FORST«.....	59
Slika 18: Miselni vzorec prevzema hlodovine	60
Slika 19: Miselni vzorec hidrotermicne obdelave hlodovine.....	61
Slika 20: Miselni vzorec krojenja hlodovine	62
Slika 21: Miselni vzorec luščenja furnirja.....	63
Slika 22: Miselni vzorec krojenja mokrega furnirja.....	64
Slika 23: Miselni vzorec sušenja furnirja	65
Slika 24: Miselni vzorec krojenja suhega furnirja, celotnega odpadka in izkoristka.....	66

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Nabavna specifikacija: hlodi bukve za luščenje.

1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA S CILJI

Furnirske vezane plošče in izdelki iz slojastega lesa - furnirja so v zadnjem času pridobili na veljavi, saj že dolgo izpodrivajo uporabo masivnega lesa za pohištvo ali dele pohištva višjega cenovnega razreda. Vezan les je manj anizotropen, dimenzijsko stabilnejši in v določenem oziru trdnejši od masivnega lesa.

Proizvodnja bukovega luščenega furnirja in vezanih plošč je odvisna od kvalitete surovine, v našem primeru od bukove hlodovine. Zaradi vse večjega izkoriščanja gozdov, včasih pa tudi zaradi nereda na trgu bukove hlodovine, imajo predelovalci bukove hlodovine višjih kakovostnih razredov F (hlodovina kvalitete F je namenjena za izdelavo rezanega furnirja, vendar se uporablja tudi za kvalitetne luščene furnirje) in L (hlodovina kvalitete L je namenjena izključno za luščenje), na razpolago vedno slabšo surovino, občasno pa se morajo sprijazniti tudi z njenim pomanjkanjem. Problemi nastajajo tudi zato, ker se premeri hlodov vse bolj manjšajo, vse slabša pa je tudi kvaliteta lesa z vidika oblike debla, vsebnosti grc, reakcijskega lesa, juvenilnega lesa, ter napak nastalih zaradi biotskih in abiotskih poškodovalanj. Po drugi strani trg zahteva vse višjo kakovost furnirja in vezanih plošč.

Kljub omenjenim težavam se moramo spopasti s problemom slabše surovine in vse višjih kvalitetnih zahtev izdelkov iz lesa, saj je les v Sloveniji največje naravno bogastvo, ki ga moramo znati pravilno izkoristiti. To pa nam bo uspelo le, če si bomo dobro poznalo lastnosti lesa ter rešitve tehnoloških problemov v vseh fazah predelave od hlodovine do luščenega furnirja in izdelkov iz njega.

V nalogi smo želeli ovrednotiti kvaliteto bukove hlodovine z vidika izboljšanja izkoristka v proizvodnji luščenega bukovega furnirja, furnirskih vezanih plošč in slojastega lesa.

Cilji naloge so raziskati vpliv kvalitetnih dejavnikov na izkoristke in izgube pri

- prevzemu bukove hlodovine na skladišču surovin in razvrščanju po kvaliteti,
- krojenju hlodovine,
- luščenju furnirja,
- furnirju na mokrih škarjah,
- sušenju furnirja in
- suhem furnirju.

Ob vsakem cilju smo se vprašali, kakšni so vzroki za nastanek odpadka in kako ga zmanjšati ter hkrati doseči čim boljšo kakovost izdelka.

2 SPLOŠNI DEL

Lastnosti lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.) imajo zardi svoje specifične anatomske zgradbe in fizikalno – mehanskih lastnosti velik vpliv na izkoristek pri luščenju bukove hlodovine in operacij pri proizvodnji luščenega bukovega furnirja. Med te operacije štejemo: prevzem in sortiranje hlodovine po kakovosti, zaščita hlodovine na skladišču proti biotičnim in abiotičnim dejavnikom degradacije lesa, hidrotermično obdelavo, odstranjevanje skorje in necistoc, krojenje hlodovine na dolžine, za luščenje, luščenje furnirja, sušenje furnirja in krojenje suhega furnirja.

2.1 BUKEV

2.1.1 Opis lesa

Les bukve je rdečkastobel, beljava in jedrovina se navadno barvno ne locita, v kolikor ni prisoten diskoloriran les. Diskoloriran les je rdecerjav v precnem prerezu oblakast. Če les bukve parimo dobimo s tem postopkom rdečkasto do rdecerjavo barvo, ki je podobna barvi jedrovine.

Branike so razločno vidne, kasni les je temnejši z manj trahejami. Traheje so majhne difuzno razporejene in so brez lupe v vseh treh prerezih komaj vidne. Trakovi so dveh različnih velikosti in so zelo široki in visoki in so s prostim ocesom dobro vidni. Trakovi so v precnem prerezu na letnicah razširjeni, v radialnem prerezu pa so vidni, kot blešceca zrcala. Trakovi v tangencialnem prerezu so vidni, kot značilna 2 – 4 mm visoka temna vretena.

Izgled lesa je nedekorativen, le rahlo progast na radialnem prerezu oz. plamenast v tangencialnem prerezu. V zadnjem času doživlja pravi razcvet, saj so v pohištveni industriji moderne svetle vrste lesa. Nekatere proizvajalce pohištva motijo le izrazite bleščice trakov v radialnem prerezu.

Les ima gostoto $\rho_0 = 680 \text{ kg/m}^3$ (po Grosser in Teetz, 1985, cit. po Cufar, 2001) je zelo trden in se zelo krči in nabreka. Dimenzijska stabilnost je neugodna, trdnostne lastnosti so dobre. Les je žilav, elastičen in trd. Delež juvenilnega lesa je zanemarljiv, možen je obilnejši pojav tenzijskega lesa. Bukovina nima specifičnega vonja ali okusa.

Les bukve je treba po poseku takoj spraviti iz gozda, saj je nezaščitena bukovina podvržena okužbam z glivami in insekti. Na skladiščih lesa jo zaščitimo v toplejšem obdobju leta z namakanjem ali skladiščenjem v bazenih z vodo. Bukovino parimo lahko kot hlodovino, deske ali decimirane elemente. S parjenjem se zmanjšajo notranje napetosti in dosežemo izenacenje barve. Tako se po parjenju zmanjša nevarnost pokanja in zvijanja, les pa dobi bolj enakomerno barvo. Pred parjenjem mora biti les primerno vlažen, sicer obstaja nevarnost nastanka madežev.

2.1.2 Opis drevesa bukve

Bukev je naš najbolj razširjen listavec in naša najpomembnejša lesna vrsta. Do sredine 19. stoletja so jo uporabljali skoraj izključno za kurjavo. Bukev je razširjena po dolinah in sredogorjih zahodne, srednje in južne Evrope do Kavkaza (med 40 in 60 stopinj zemljepisne širine).

Drevo bukve dosega višine do 30 m, priložnostno tudi preko 40 m in premere 100 – 150 cm. V sestojih rastejo drevesa s polnolesnimi ravnimi debli. Dolžina debla brez vej znaša 15 m in vec. Skorja je gladka v starosti ima biseren lesk in je srebrnosive barve. Pogosto so na deblu vidne brazgotine odpadlih vej, imenovane »kitajske brke« (Cufar, 2001).

2.1.3 Uporaba

Za izdelavo luščenega furnirja, vezanih plošč in izdelkov iz slojastega lesa, se pri nas uporablja kot surovina skoraj 90 % bukovina. Vzrok za to so njene dobre mehanske lastnosti in za enkrat še dovolj velika ponudba surovine. Dobro toplotno obdelana se tudi lepo lušči ali reže in zato lahko dobimo kvalitetne furnirje. Dobro se tudi lepi z vsemi vrstami lepil in z vsemi postopki lepljenja.

Na trgu se prodaja bukovina, kot hlodovina, žagan les, furnirji, vezan les in razni polizdelki (grobno oblikovani kosi – surovci, prešana bukovina itd.). Uporaba lesa je zelo raznovrstna, kot npr. za gradbeno mizarstvo, stopnice, opaže, parket, pohištvo, pri cemer se uporablja masiven, krivljen ali vezan les. Krivljen in vezan les se uporablja predvsem za izdelke, pri katerih je potrebne dobre trdnostne lastnosti. Najbolj znan izdelek iz krivljene bukovine je Thonetov stol, ki ga izdelujejo že okrog 150 let.

Bukovina, ki je imregnirana, je odlična za izdelavo železniških pragov. Kot gradben in konstrukcijski les se uporablja predvsem pri srednje obremenjenih notranjih konstrukcijah.

Bukovina je izhodiščni material za proizvodnjo oplemenitenih lesnih tvorov, kot prešan masiven les, prešani laminati, uporabljajo ga za furnirske in mizarske plošče in za proizvodnjo ivernih plošč. Bukove vezane plošče so namenjene za uporabo v pohištveni industriji za nosilne elemente pohištva, zamenjujejo daljše masivne dele pohištva, v avtomobilski industriji, za železniške vagone, v kovinski industriji pa za razne šablone.

Skupaj z drugimi lesnimi vrstami se uporablja tudi za pridobivanje celuloze.

2.1.4 Tabela lastnosti bukovine (po Cufar, 2002)

Srednje vrednosti za E-modul in trdnost veljajo za vzorce brez napak z vlažnostjo $u=12\%$ (ravnovesna vlažnost v normalni klimi pod DIN 50014-20/65-1).

Gostota

R	490...680...880 kg/m ³
R15	540...720...910 kg/m ³

E-modul –upogibni, vzporedno s potekom aksialnih elementov

16 000 N/mm² (160 000 kp/cm²) 14 000 N/mm²

Tlacna trdnost –vzporedno s potekom aksialnih elementov

53 N/mm² (530 kp/cm²) 60 N/mm²

Natezna trdnost –vzporedno s potekom aksialnih elementov

135 N/mm² (1350 kp/cm²) 135 N/mm²

Upogibna trdnost –vzporedno s potekom aksialnih elementov

105 N/mm² (1050 kp/cm²) 120 N/mm²

Strižna trdnost –vzporedno s potekom aksialnih elementov

8 N/mm² (80 kp/cm²) 10 N/mm²

Krcenje b –(v %) od svežega do suhega stanje preračunano na dimenzije svežega lesa

Vzdolžno (β) 0,3

Tangencialno (β) 11,8

Radialno (β) 5,8

Volumsko (β) 14,0..17,9..21,0

Diferencialno nabrekanje q –Procentualni nabrek ob spremembi lesne vlažnosti za 1%

$q_{rad} = 0,20$

$q_{tang} = 0,41$

anizotropija nabrekanja $q_{tang}/q_{rad} = 2,1$

Toplotna prevodnost

Pravokotno na potek aksialnih elementov za zračno suh les u + 15 %, pri gostoti $\rho_{15}=720$

0,157 W/mK (0,135 kcal/mh°C)

racunska vrednost za toplotno prevodnost bukovine po DIN 4108 (Toplotna zaščita pri visokih gradnjah) pri upoštevanju varnostnega faktorja za vlažnost in gostoto:

0,17 W/mK (0,15 kcal/mh°C)

pH-vrednost 5,1...5,4 (rahlo kislja reakcija)

Vrednost za elastičnost in trdnost so povzete po tabelah Iza bukev (Holz als Roh – und Werkstoff 1939). V drugi koloni so podane vrednosti po DIN 68364 (Kennwerte von Holzarten, Festigkeit, Elastizität, Resistenz).

Dovoljene obremenitve za les so opidsne v DIN 1052, list 1, (Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung). Trdnost za gradben les znaša 2,5 do 3,5 kratno dopustno obremenitev pri staticnem obremenjevanju (Cufar, 2001).

2.2 DEJAVNIKI KVALITETE LESA

2.2.1 Oblika debla

Deblo je olesenelo glavno steblo. Pri centricnem luščenju ima oblika debla bistven vpliv. Želimo, da bi bila oblika cim bolj podobna valju, vendar se to le redko zgodi.

Debla so zaradi pogojev rasti drevesa pogosto ekscentricna, v nekaterih primerih ob korenčniku celo zvezdasta. Deblo je tudi v aksialni smeri lahko zvito, ima razne izbokline, kar vse povzroci odstopanje od idealne oblike.

Aksialni elementi v lesu nikoli ne potekajo popolnoma vzporedno z osjo drevesa. Do njihovega odklona pride že ob nastanku v območju kambijeve cone. Pri analizi poteka aksialnih elementov je treba lociti posledico odklona od navpice drevesne osi, in pa odklon, ki je posledica različne orientiranosti vzorca oz. deske v deblu. Nacelno je z vidika predelave in obdelave zaželen prem potek aksialnih elementov, najpogostejši odkloni od navpice drevesne osi pa so: spiralni, izmenjavajoc spiralni in valovit potek aksialnih elementov.

Tudi vsaka druga izrazita deviacija aksialnih elementov od verikalne osi debla je nezaželjena, rahla in enakomerna pa utegne biti zelo dekorativna, npr. valovit potek. Pri bukovini so večji odkloni aksialnih elementov v glavnem nezaželeni (Cufar, 2002).

2.2.2 Grce

V knjigi Les in skorja (Torelli, 1990) je pod geslom grca podan naslednji opis: »Grca je del veje, vklopljen v deblu. Dokler je veja živa, njen kambij in prirastne plasti sklenjeno prehajajo v debelni kambij in debelne prirastne plasti: grca je dotlej zrasla (angl. Intergrown, tight, red knat; nem. Fester Ast m.) Ko veja odmre, z njo odmre tudi vejni kambij in poslej ni več kontinuitete med debelnim in vejnim kambijem oz. prirastnimi plastmi«. Veje in s tem grce listavcev vsebujejo le malo ekstraktivov. Ko veje odmro, mikroorganizmi inficirajo mrtvo tkivo. Tik ob deblu pred tem nastane otiljen in s polifenoli prepojen zaščitni sloj. Tod se praviloma ustavi razkroj in se odmrla veja odlomi, tako da jo deblo hitro preraste; nastane vrasla slepica. Štrclji vej pri iglavcih so prepojeni s smolo in še dolgo ostanejo na deblu, ki jih obrašča, ne da bi bili z njimi v fizicnem kontaktu; takšna grca pri predelavi navadno izpade: izpadla grca.



Slika 1: Zrasla, zdrava grca v lesu bukove

Za grce je znailno, da imajo nekoliko gostejši les, kot ga ima les v okolici. Prav tako je tudi trdota nekoliko višja, delno zaradi višje gostote, delno pa zaradi vecje vsebnosti zelo zamreženih polifenolov. Orientiranost tkiva grc poteka približno pravokotno na aksialno orientiranost ostalega lesa, ce seveda zanemarimo blago levosucno rast ostalega lesnega tkiva. Ta pravokotna usmerjenost tkiva pomeni tudi velike probleme pri nadaljnji obdelavi lesa, tako tudi pri luščenju. Iz tehničnega vidika so to vsadki tršega drugace orientiranega tkiva, ki moti fazo luščenja. Pri luščenju hloda, ki vsebuje veliko grc delujejo na nož luščilnega stroja vecje obremenitve, kot pri luščenju hloda brez grc. Obenem pa so vse sile na nož dokaj neenakomerno porazdeljene, ce upoštevamo veliko razliko med gostoto in trdoto grc in ostalega lesa. Značilno za vrasle grce bukovega lesa je tudi da so zelo velike, na splošno veliko vecje, kot pri iglavcih. Zaradi nehomogenosti, ki ga povzroci prisotnost grc se pojavlja tudi zelo mocno zvijanje furnirja posebno po fazi sušenja. Poseben problem pa predstavljajo izpadle grce ali slepice. Pri njih je tkivo že odmrlo in se že v fazi luščenja pokažejo, kot luknje na furnirskih listih, ki jih moramo na mokrih škarjah izrezati.



Slika 2: Hlod bukve z vraslo grco

2.2.3 Rastne (notranje) napetosti (po Cufar, 2002)

Drevesno deblo deluje kot prednapet nosilec. V živem drevesu je lesno tkivo v različnih smereh obremenjeno na tlak ali nateg. Zaradi vgrajenih notranjih napetosti je deblo trdnjše in prenese večje obremenitve. Po poseku drevesa pride do sprostitve notranjih napetosti, les pa je nagnjen k zvijanju in pokanju. Napake lesa zaradi sprostitve notranjih napetosti moramo razlikovati od napak nastalih pri sušenju lesa.

Notranje napetosti se vgradijo že ob nastanku celic v fazi diferenciacije. Diferencirajo se traheide in vlakna se skušajo skrciti v aksialni in razširiti precni smeri. Ker starejši les preprečuje krcenje, nove celice generirajo aksialno natezno napetost (tenzijo), medtem ko zaviranje oz. oviranje precne razširitve vlaken povzroci tangencialno tlačno napetost. Seveda zadobijo celicne stene sposobnost, da se v njih razvijejo napetosti oz. realizirajo sile, šele potem, ko so si pridobile potrebno togost in elastičnost. Generacijo rastnih napetosti skušajo pojasniti tri hipoteze.

- (a) Odlaganje lignina med celulozne fibrile z majhnim fibrilarnim kotom povzroci precno ekspanzijo in kontrakcijo v vzdolžni smeri. V kompresijskih traheidah z velikim mikrofibrilarnim kotom, pa naj bi lignifikacija povzročila podaljšanje vlaken. S hipotezo je mogoče pojasniti hkratno razvijanje aksialne tenzije in tangencialne kompresije

- (b) Aksialna tenzija naj bi bila posledica kontrakcije kristalizirujoče se celuloze. Lignifikacija naj bi celo ovirala kristalizacijo in s tem kontrakcijo. S hipotezo je mogoče pojasniti univerzalen pojav tenzije tako v zelnatih kot tudi lesnatih rastlinah.
- (c) Aksialne rastne napetosti naj bi sprožila predvsem rast celicne stene (rast celuloznih fibril) in niso v zvezi s spremembo precnega prereza, medtem ko naj bi bile tangencialne rastne napetosti posledica intruzivne rasti celic in vlažnostnih napetosti.

Posledica sproščanja rastnih napetosti pri razžagovanju in prežagovanju so značilno krivljene desak (lok, sablja), srčne razpoke, ki ne segajo do periferije debla, v kombinaciji z ranitvami tudi kolesivost, kompresijske sledi in krhko srce pri tropskih vrstah.

Posledice sproščanja notranjih napetosti se navadno pojavijo pri prežagovanju in razžagovanju debla kot stiskanje žagnih listov, krivljenje in pokanje lesa (Cufar, 2002).

Notranje napetosti so pri bukvi lahko zelo izrazite. Opazimo jih kot celne razpoke na sveže posekanih deblih. Te razpoke se lahko še okrepijo med hidrotermicno obdelavo in postanejo še večje in bolj izrazite. Poseben problem notranjih napetosti se pojavi v času pomanjkanja hlodovine, ki takoj pripeljano hlodovino namenimo za predelavo. Sveže posekan les mora najprej odležati vsaj en mesec, da se umirijo notranje napetosti. Delna rešitev celnih razpok zaradi notranjih napetosti je tudi zabijanje kavljev v obliki crke S v cela hloda. Vendar je na skladišču hlodovine, oz. ob prevzemu hlodovine za to največkrat že prepozno, saj bi jih bilo potrebno zabiti že takoj ob poseku v gozdu. Posledica pokanja hlodovine zaradi notranjih napetosti so večji odcelki na krojenje hlodov in večji izmet na mokrih škarjah, kjer izsekamo razpoke na furnirju.



Slika 3: Celne razpoke, kolesivost kot posledica notranjih napetosti in rdece srce bukovine

2.2.4 Reakcijski les (po Cufar, 2002)

Reakcijski les je aktivno usmerjevalno tkivo v deblih in vejah dreves, kjer se je že pricela sekundarna rast. Nastane v deblih dreves pri katerih je oviran vertikalni, negativno geotropni položaj. V vejah omogoča njihovo optimalno lego glede na položaj debla. Pri iglavcih nastaja na spodnjem delu nagnjenih debel in vej in se imenuje kompresijski les, pri listavcih pa se nahaja na zgornjem delu nagnjenih debel in vej in se imenuje tenzijski les. Poimenovanje izvira iz casov, ko so menili, da reakcijski les nastane kot odziv (reakcija) na povečanje tlačne napetosti na spodnji – tlačni strani debel iglavcev in na povečane tenzijske (natezne) napetosti na zgornji – natezni strani nagnjenih debel ali vej.

Reakcijski les nastane kadar se os drevesa premakne zaradi vpliva vetra, naklona rastišča, premikov tal, raznih poškodb, položaja glede na druga drevesa ipd. Pogost je tudi pri hitro rastočih drevesnih vrstah, predvsem tistih ki rastejo na plantažah. Kadar so debela vertikalna in se zdi položaj vej glede na deblo uravnotežen, reakcijski les ne nastaja.

Danes velja, da nastanek reakcijskega lesa uravnavajo rastni hormoni, posredno pa tudi težnost, ki vpliva na razporeditev hormonov. Po teh teorijah kompresijski les pri iglavcih nastaja na spodnji strani, kjer je zaradi težnosti koncentracija avksina večja, tenzijski les pri listavcih pa na zgornji strani, kjer je koncentracija avksina manjša. Tvorba reakcijskega lesa

naj bi bila tako odvisna od različne kolicine oz. ravnovesja avksina na zgornji in spodnji strani debel.

Mehanska vloga reakcijskega lesa je posledica težnje vlaken, da se med diferenciacijo pri tenzijskem lesu bolj skrcijo od normalnih na nasprotni (spodnji) strani, kompresijske traheide pa se podaljšajo glede na traheide na zgornji strani debla. Napetost, ki nastane zaradi razlik v krcenju celic reakcijskega in normalnega lesa izzove nastanek sil tenzije ali kompresije, te pa povzročijo upogibni moment. Rezultat je v obeh primerih enak: krivljenje debla navzgor. Zaradi visoke vlažnosti lesa v deblu ali veji v živem drevesu, ta deluje tudi kot visokoelastično telo, ki leze. Zaradi lezenja so sile, ki so potrebne za premik lege debla ali veje v želeno lego mnogo manjše, kot bi pričakovali. Nekateri avtorji menijo, da na zvijanje ne bi smeli gledati samo kot na lastnost reakcijskega lesa, pač pa tudi kot na lastnost normalnega lesa, ki na drugi strani teži k ravnovesju. Mehanizem krivljenja debla, je deloma tudi posledica rastnih napetosti.

Lastnosti reakcijskega lesa se razlikujejo od lastnosti normalnega lesa. Prisotnost reakcijskega lesa v lesni tehnologiji običajno štejemo za napako lesa, posebej če je njegov delež velik.

Listavci in s tem tudi bukev imajo tenzijski les, ki ima naslednje značilnosti:

Makroskopske značilnosti. Debla listavcev, ki vsebujejo reakcijski les so zavita in kriva ter ekscentrična. Tenzijski les se nahaja na zgornji strani nagnjenih debel in vej. Zasledimo ga v širšem delu ekscentričnih branikah. Je svetlejše barve in se srebrnkasto sveti. Deske ali furnirji s tenzijskim lesom imajo volnato površino, ker se žilava tenzijska vlakna ne odrežejo temveč trgajo.

Mikroskopske značilnosti. Vsebuje tenzijska ali želatinska vlakna. Trahej je manj in so v tenzijskih conah manjše. Trakovni in aksialni parenhim so nespremenjeni. V celicni steni se nahaja G-sloj (želatinski sloj). G-sloj se lahko pojavlja v enem od naslednjih razporedov; S1+S2+S3+G ali SG, S1+S2+G ali SG in S1+G ali SG. Pojavljajo se drsne ravnine in kompresijske sledi v stenah vlaken

Kemijska zgradba. G-sloj le neznatno lignificiran. Vsebuje nenormalno veliko celuloze in nenormalno malo lignina. Vsebuje več galaktana in manj ksilana kot običajen les.

Fizikalne lastnosti. Aksialni skrcek tenzijskega lesa znaša do 1% in je znatno večji od zanemarljivega aksialnega skrcka normalnega lesa listavcev, kar je pogosto vzrok pokanju in zvijanju, pri sušenju pa pride do degradacij (princip bimetalnega traku). Suh tenzijski les ima višjo trdnost, svež pa nižjo od normalnega lesa.

Tehnološke lastnosti. Če razžagujemo svež les ki vsebuje tenzijski les, navadno dobimo volnato površino. Volnatost je verjetno posledica slabe adhezije med želatinskim slojem in ostalimi plastmi celicne stene in je posebno izrazita pri obdelovanju lesa s topimi rezili, popolnoma pa se ji ne moremo izogniti tudi ob uporabi ostrih rezil. Na poravnani, nekoliko izsušeni površini dobijo prerezane partije tenzijskega lesa svilnat srebrnkast oz. rumeno-bel lesk. Težnja k volnatosti se močno zmanjša pri suhem lesu, ker pa se tenzijski les težje obdeluje ko je suh, je priporočljivo uporabljati ostro nabrušeno orodje.

Kemicna celuloza, ki vsebuje vlakna tenzijskega lesa ima slabše predvsem trdnostne lastnosti, na drugi strani pa se zdi tenzijski les bolj primeren za mehansko celulozo, predvsem zaradi nizkega odstotka lignina.

Tenzijski les sicer v fizikalnem in mehanskem smislu odstopa od normalnega lesa, vendar v primeru, ko se tenzijska vlakna relativno maloštevilna in enakomerno primešana normalnemu tkivu bistveno ne vplivajo na kvaliteto predelave in obdelave, kritično pa vpliva na obdelavo večji delež tenzijskega lesa (nad 10 %), oz. kadar pride do njegove koncentracije. Pri bukovini, ki jo obdelujemo v tovarni »Novoles« najvec tenzijskega lesa opazimo pri hlodovini od dobaviteljev s celjskega področja, kjer rastejo drevesa na zelo nagnjenih in težko dostopnih terenih.

Tenzijski les na hlodovini opazimo že ob prevzemu, ker se na celih hlodov vidijo ekscentricne branike in so cela volnata po prežagovanju z motorno žago. Med luščenjem in na krojenju na mokrih škarjah tenzijski les opazimo, ker se na nožu nabirajo vlakna, nož se bolj krha in predstavlja večji odpor pri luščenju. Ta pa postane še bolj izrazit po sušenju. Zaradi razlicnega krcenja tenzijskega in normalnega lesa je furnir, ki vsebujejo tenzijski les nagnjen k zvijanju in pokanju v vseh smereh še najbolj v aksialni (Cufar 2002).

2.2.5 Juvenilni, adultni in senescentni les (po Cufar, 2002)

Glede na obdobje nastajanja locimo v drevesu juvenilni (mladostni), adultni (zreli) in starostni (senescentni) les.

Juvenilni les nastaja v juvenilnem obdobju, ki je širše biološko definirano kot obdobje, ki ga zaključuje prvo cvetenje oz. semenenje drevesa, po lesno-anatomske definiciji pa kot obdobje, ko vlakna še ne dosežajo svoje normalne, t.j. maksimalne dolžine, značilne za adultni les. Juvenilno obdobje navadno traja 10-20 let, lahko pa variira od 5-60 let. Ker juvenilni les nastaja v fiziološki bližini krošnje, je enak krošnjevemu lesu.

Juvenilni les je rezultat aktivnosti mladega kambija s krajšimi vretenstimi inicialkami in tekom vegetacijskega obdobja dokaj stabilne oskrbe z rastnimi snovmi in asimilati. V prečnem prerezu so letnice manj izrazite, pravi kasni les pa manjka.

Lastnosti juvenilnega lesa se v vseh ozirih razlikujejo od lastnosti zrelega lesa in so v splošnem slabše. Juvenilni les ima krajša vlakna s tanjšimi stenami, večjim mikrofibrilarnim kotom v srednjem sloju sekundarne stene (S2) in več amorfnih področij. Mehanske lastnosti so slabše (krhki zlom), aksialni skrcek pa mocno presega normalnega.

Dolžina vlaken je odvisna od dolžine vretenastih kambijevih inicialk in od postkambialne rasti. Pri iglavcih so vretenaste inicialke spocetka relativno kratke (1 mm), vendar do konca juvenilnega obdobja nekajkrat povečajo svojo dolžino. Tako je juvenilnost, ki se odraža v dolžini vlaken, pri iglavcih mnogo bolj izražena kot pri listavcih.

Pri vrstah, ki v mladosti pocasi priraščajo (npr. bukev) je delež juvenilnega lesa majhen vendar se ga nekaj nahaja ob strženju v spodnjem delu debla, večji delež pa se pojavlja v zgornjih delih debel.

Les centralnega dela debla, ki vsebuje juvenilni in pogosto tudi večji delež reakcijskega lesa, velja za manjvrednega in ga v angleško govorecih deželah imenujejo core-wood.

Juvenilni les pri centricnem luščenju bukovine ne predstavlja izrazito hudega problema, saj ostane v okroglici, kot ostanku luščenja, ko je hlod vpet med vpenjalne celjusti. Vendar se kljub temu še vedno pojavlja, kot izrazito razpokan furnir, tepih furnirja se pogosto prekinja pojavljajo se velike razpoke, ki se po sušenju še bolj okrepijo. Juvenilni les zaradi tega izrežemo že na mokrih škarjah in gre tak furnir v odpadke. Na srečo je tega lesa pri bukvi zelo malo (Cufar, 2002).

2.2.6 Beljava, jedrovina, diskoloriran les (po Cufar, 2002)

Potem, ko je bila kambijevi coni formirana primarna struktura lesa, lahko nastopijo številne sekundarne spremembe. Sem spadajo predvsem proces ojedritve in pojav diskoloriranega lesa ter mokrin.

Po definiciji IAWA je beljava periferni del debla ali veje s še živimi parenhimskimi celicami, ki vsebujejo rezervne snovi, npr. škrob. Beljava vsebuje žive parenhimske celice, rezervno hrano in ima visoko vlažnost, Beljava prevaja vodo z minerali, vzdržuje procese metabolizma in shranjuje hrano. Prevajanje vode poteka po vaskularnem tkivu, to je traheidah pri iglvcih in trahejah ter deloma vlaknih pri listavcih. Celice, ki prevajajo vodo so mrtve, metabolizem in skladiščenje hrane pa poteka v živih celicah trakovnega in aksialnega peranhima.

Vsa drevesa imajo beljavo, ojekritev pa je starostni pojav je povezan s staranjem in programiranim odmiranjem parenhimskih celic. Ojedritev, ali vsaj njeni zametki, slej ko prej nastopi pri večini lesnih vrst, pri nekaterih že v prvih desetletjih življenja, pri drugih pa se beljava ne pretvori v jedrovino niti po 100 in več letih. Prve prištevamo k tistim, ki vsebujejo pravo jedrovino, druge pa pogosto tvorijo diskoloriran les. Ojedritev je genetsko programiran proces, čas nastanka diskoloriranega lesa pa ni genetsko voden, pač pa je močno odvisen od dejavnikov okolja. Medtem ko obarvane jedrovine navadno predstavljajo najvrednejši del debla, na diskoloriran les praviloma gledamo kot na napako. Makroskopsko razlikovanje jedrovine in diskoloriranega lesa je praviloma težavno, zato si moramo podrobneje ogledati razlike v njunem nastanku in lastnostih.

Jedrovina predstavlja notranje plasti lesa v rastocem drevesu, kjer so parenhimske celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih le-te vsebovale, npr. škrob, pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi.

Celicne stene v jedrovini so prepojene z ekstraktivi, oz. jedrovinskimi snovmi, ki so praviloma toksični nizkomolekularni polifenoli inkrustirani v celicnih stenah. Ker se inkrustirajo (vgradijo) v celicno steno, prispevajo k povečani dimenzijski stabilnosti lesa ter praviloma k njegovi večji biološki odpornosti. Poleg navedenih prednosti, ojedritev včasih potencira nevarnost kolapsa in tudi znatno upocasni sušenje. Ekstraktivi v jedrovini pogosto reagirajo z lepili ali sredstvi za površinsko obdelavo lesa, zato je potrebna previdnost pri predelavi in obdelavi lesa. V primerjavi z beljavo ima jedrovina v živem drevesu nižjo vlažnost in nižjo vsebnost mineralov.



Slika 4: Beljava, rdece srce in piravost na bukovem luščenem furnirju

Bukev nima jedrovine, pri njej je pogosto rdece srce ali diskoloriran les. Za bukev je značilno, da v živem drevesu sposobnost prevajanja vode, in s tem tudi vlažnost tkiva, postopno upada od perezferije proti notranjosti debla. V isti smeri upada tudi vitalnost parenhimskih celic, ki pa lahko preživijo tudi 100 let in vec, v kolikor v njihovem življenju ne pride do nenadne smrti pod vplivom zunanjega dejavnika, ki sproži tudi nastanek diskoloriranega lesa.

Diskoloriran les pri bukvi nastane med rastjo drevesa. Tudi v beljavi bukve v smeri od kambija proti strženu upada sposobnost prevajanja vode, vlažnost tkiva in vitalnost parenhimskih celic. Notranje, bolj suhe plasti lesa imenujemo zrela sredica ali sušina, ki jo je pri posekanem drevesu mogoce prepoznati kot svetlejšo cono. Sušina je posebno izrazita pri odraslih drevesih z velikim premerom in kratko krošnjo. Na obmocju sušine se v lumnih parenhimskih celic kopicijo predhodnice jedrovinskih snovi, vecinoma fenoli. V kolikor pride do vecje mehanske poškodbe drevesa, npr. odloma vecje veje, ta omogoci vdor kisika na obmocje sušine, kar sproži procese oksidacije, kondenzacije in polimerizacije in zmanjšanja topnosti predhodnic jedrovinskih snovi. Ti procesi sprožijo naglo smrt parehimskih celic, stik jedrovinskih snovi in encimov pa sproži encimatsko oksidativno obarvanje.

Medtem ko se v jedrovini nizkomolekularne jedrovinske snovi inkrustirajo v celicno steno, nastanejo pri diskoloriranem lesu viskomolekularne jedrovinskih snovi, ki ostanejo v lumnih

celic. Omejene so pretežno na parenhim. Tako ne prispevajo k večji trajnosti lesa, pa tudi ne k večji stabilnosti.

Nastanek diskoloriranega lesa ni odvisen od sezone, temveč od časa ranitve. Če je drevo poškodovano večkrat zapored se tvorijo večkratna obarvanja, sam diskoloriran les pa ne reagira na ponovno ranitev (jedrovina reagira!). Vlažnosti v diskoloriranem lesu pogosto naraste. Vsebnost mineralnih snovi je večja kot v beljavi (Cufar, 2002).

Diskoloriran les in rdece srce predstavljata v procesih proizvodnje in predelave bukovine v tovarni »Novoles« pri proizvodnji furnirja in vezanih plošč problem predvsem v fazi krojenja na suhih škarjah. Ta problem je posebno izrazit pri furnirjih za zunanje sloje vezanih plošč, kjer se zahteva enaka barva celotnega zunanjega lista furnirja. Diskoloracije in rdece srce so v glavnem estetske napake zaradi njih niso mehanske lastnosti plošč nič slabše. Furnirje, ki niso barvno usklajeni uporabljamo za srednje sloje. Vendar se tudi pri srednjih slojih včasih zahteva barvna usklajenost vseh furnirjev. To je posebej izrazito pri izdelkih iz neparjene – bele bukovine, ki morajo biti popolnoma barvno usklajeni.

Hidrotermična obdelava bukove hlodovine ima poleg omehčanja lesa pred luščenjem tudi funkcijo izenacitve barve. To dosežemo le s parjenjem, ker se barva lesa spremeni pri temperaturah od 70 – 90 ° C. Pri tem se bel les bukovine obarva rdece rjavo in s tem se barva lesa izenaci.

2.3 KLASIFICIRANJE HLODOVINE

Z dobavitelji hlodovine so podpisane letne pogodbe o dobavah bukove hlodovine. Kvaliteta dobavljene hlodovine je opredeljena s standardi in sicer SIST EN 1316-1 za hrast in bukev in JUS standardov. Na osnovi teh standardov smo v Novolesu oblikovali interni standard nabavno specifikacijo za bukovo hlodovino. V nabavni specifikaciji je v odstotkih določeno tudi kolikšno naj bo kolicinsko razmerje hlodov posameznega kakovostnega razreda. Kakovostni razredi so še vedno določeni z oznakami, kot so jih imeli nekdanji JUS standardi. V zadnjih letih so bile dobavljene količine hlodov v tovarni »Novoles«, PC Vezan les, po kakovostnih razredih naslednje:

Kvaliteta F 22 – 25 %

Kvaliteta L 55 – 60 %

Kvaliteta I.,II.,III. 15 – 18 %

Kakovostni razredi so opisani v poglavjih 2.3.1 do 2.3.5.

Pri prevzemu hlodovine se pogosto dogaja, da prihaja do sprememb klasificirane hlodovine med dobavitelji in prevzemalci. Glavne napake, ki so vzrok za razporeditev hlodov v različne razrede so:

- prevec izrazit ali celo neobdelan korenčnik,
- trohnoba,
- mocno encimsko oksidativno obarvanje na vec kot polovici premera hloda – rdece srce,
- razpoke s cela, ki so posledica poškodbe pri poseku dreves ali velikih notranjih napetosti,
- velike grce, ali veliko število le teh, lahko že okuženih s trohnobo iz vrha drevesa,
- velika zvitost hloda na kratkem delu dolžine.

2.3.1 Hlodovina kvalitete F

Hlodovina za plemenite rezane furnirje označimo s crko F.

Zahteve za hlodovino bukve kvalitete F so podane v naslednjih zahtevah:

- hlodovina mora biti zdrava, polnolesna, ravna, s strženom približno v sredini, z enakomernimi letnicami, bele barve in brez grc.
- dolžina najmanj 2 m (+0,1m).
- premer hloda (brez skorje) nad 400 mm.
- secnja je lahko skozi vse leto.

Ta hlodovina je namenjena za proizvodnjo rezanih furnirjev, vendar se uporablja tudi v proizvodnji luščenih furnirjev in sicer za furnirje, ki so namenjeni za zunanje sloje vezanih plošč in za zelo kakovostne izdelke.

2.3.2 Hlodovina kvalitete L

Hlodovino za luščene furnirje označimo s crko L.

Zahteve za hlodovino bukve kvalitete L so podane v naslednjih zahtevah:

- hlodovina mora biti zdrava, normalne barve (dovoljeno 1/3 obarvanega srca) ravna, polnolesna, s strženom približno v sredini, z enakomernimi letnicami in brez grc.
- dolžina najmanj 2 m (+0,1m)
- premer hloda (brez skorje) nad 350 mm.
- secnja skozi vse leto

2.3.3 Hlodovina kvalitete I.

Ta hlodovina bukve je namenjena za razžagovanje v deske. Izjemoma se lahko uporablja tudi za luščenje in to v času pomanjkanja hlodovine.

Zahteve za hlodovino bukve kvalitete I. so podane v naslednjih zahtevah:

- hlodovina mora biti premera vsaj 30 cm. 15 % dobavljenih kolicin je lahko premera 25 cm, vendar mora biti brez napak.
- dolžina je najmanj 2 m.
- zdrave grce so lahko premera do 20 mm, ena na meter dolžine hloda.
- slepica je lahko ena na 2 metra dolžine hloda.
- krivost hloda je lahko 3 % na celotno dolžino.
- konicnost je do 4 % premera.
- dovoljeno je do 1/5 premera obarvanega srca.

2.3.4 Hlodovina kvalitete II.

Ta hlodovina je namenjena za razžagovanje v deske. Za luščenje se ne uporablja, ker kvaliteta ni ustrezna za ta namen.

Zahteve za hlodovino bukve kvalitete II. so podane v naslednjih zahtevah:

- hlodovina mora biti premera vsaj 25 cm.
- dolžina vsaj 2 m.
- zdrave grce so lahko premera do 40 mm, ena na meter dolžine hloda.
- slepica je lahko ena na meter dolžine hloda.
- krivost hloda je lahko do 4 % na celotno dolžino.
- konicnost je lahko do 6 % premera.
- dovoljeno je do 1/4 premera obarvanega srca

2.3.5 Hlodovina kvalitete III.

Ta hlodovina je namenjena za razžagovanje v deske. Za luščenje se ne uporablja, ker je preslabe kvalitete.

Zahteve za hlodovino bukve kvalitete III. so podane v naslednjih zahtevah

- hlodovina mora biti premera vsaj 25 cm.
- dolžina najmanj 2 m.
- zdrave grce so lahko premera do 40 mm, dve na meter dolžine hloda.
- slepici sta lahko dve na en meter dolžine hloda.
- krivost je lahko do 5 % na celotno dolžino.
- konicnost je lahko do 10 % premera.
- dovoljeno je do 1/2 premera obarvanega srca.

2.4 TEHNOLOŠKE FAZE PROIZVODNJE LUŠČENEGA FURNIRJA

2.4.1 Definicija furnirja

Furnir je gladek, tanek list lesa debeline 0,7 – 7 mm proizveden z žaganje, rezanjem ali luščenjem (Gornik-Bucar D. 2000). V nalogi se bomo posvetili le luščenemu furnirju. Preučevali bomo furnirje dveh debelin in sicer 1,65 mm in 2,25 mm, ki po definiciji spadajo med srednje debeline furnirja. Glede na dolžino pa uporabljamo srednje dolge furnirje od dolžine 1 m do 1,78 m in dolge furnirje nad 1,8 m (Gornik-Bucar, 2000).

2.4.2 Skladiščenje in zaščita furnirske hlodovine

Skladiščenje in zaščita hlodovine sta prvi fazi tehnološkega procesa pri proizvodnji luščenega furnirja in vezanih plošč.

Skrb za dober izkoristek se začne že s prevzemom hlodovine. Hlodovino prevzamemo po veljavnih standardih, internem standardu Hlodi bukve za luščenje (NS.13.01.01, 1995) ali po nabavnih specifikacijah. Najbolje je, da prevzem izvajamo že na skladišču gozdarjev ali trgovcev s hlodovino. To je zelo pomembno pri nabavi hlodovine saj je njen transport, tako cestni kot železniški zelo drag zato ni vseeno, da si na skladišče pripeljemo hlodovino, ki nam ne ustreza in jo moramo kasneje reklamirati ali celo zavrniti in odpeljati nazaj k dobavitelju.

Na skladišču hlodovine v tovarni Novoles, PC Vezani les, se vsa prispela hlodovina, kljub temu, da je bila že prevzeta pri dobavitelju ponovno premeri in klasificira. Z dobavitelji hlodovine so podpisane letne pogodbe o dobavah bukove hlodovine. Dobave se izvajajo na podlagi teh pogodb, ki so napisane na osnovi internih standardov in nabavnih specifikacij.

Po končanem kakovostnem in kolicinskem prevzemu, se bukovo hlodovino sortira po dolžinah in premerih in po namenu uporabe in sicer v dve skupine:

1. Hlodovina F kvalitete brez izrazitih vidnih rastnih napak, brez rdečega srca ki ima premer nad 40 cm. Ta hlodovina je namenjena za furnir in za izdelke v naravni barvi bukve za zunanje furnirje plošč in izdelke iz slojastega lesa.
2. Hlodovina L kvalitete, ki ima do polovice premera rdece srce in ima premer nad 35 cm. Ta hlodovina je namenjena za luščenje parjenih furnirjev tako za zunanje, kot tudi za notranje sloje plošč (sredico). Hlodovina, ki je namenjena za notranje sloje ima lahko več napak, kot so manjše ali večje zdrave grce, diskoloriran les z več kot polovico premera hloda, blaga ukrivljenost hloda, zavita rast. Ti hlodi pa ne smejo vsebovati trohnobe, velike ukrivljenosti in ovalnosti, ki bi poslabševali izkoristek. Napake so natancneje opredeljene v internem standardu Hlodi bukve za luščenje (NS.13.01.01, 1995), zunanje površine plošč iz vezanega lesa pa v Evropskih standardih EN 635-1 in EN 635-2.

Zaščita bukove hlodovine na skladišču se izvaja le v poletnem času, ko se zunanje temperature dvignejo nad 20 °C. Hlode polivamo ali pa jih skladiščimo v bazenu z vodo. V bazenu so navadno kvalitetnejši hlodi F kvalitete, polivamo pa hlode kvalitete L.

2.4.3 Hidrotermicna obdelava bukove hlodovine

V Novolesu PC Vezan les izvajamo hidrotermicno obdelavo z indirektnim parjenjem. To pomeni, da imamo na dnu parilne jame registre cevi po katerih se pretaka para, ta pa segreva vodo v kateri so potopljene te cevi. Cevi segrevajo vodo do vrelišča in s tem se ustvarja para za hidrotermicno obdelavo hlodovine. Hlodovino segrevamo zaradi omehčanja lesa pri višjih temperaturah, izenacitve barve in izboljšanja mehanskih in trajnostnih lastnosti bukovega lesa. Pri nepravilnih režimih parjenja in gretja se lahko pojavijo izrazite celne razpoke, ki pa so pri sveže posekani hlodovini (ki še nima izenacenih notranjih napetosti) še bolj izrazite. Celne razpoke pri fazi krojenja hlodovine sicer lahko odžagamo vendar pa ce so prevelike poslabšujejo izkoristek in kvaliteto furnirja.

Parjenje bukove hlodovine se izvaja v parilnih jamah pri temperaturah okoli 90 °C. Prvi del postopka zajema postopno dvigovanje temperature v jami od začetne temperature hlodov do dosežene temperature 90 °C. Začetna temperatura je odvisna od letnega časa. Parjenje pri temperaturi 90 °C traja tri dni ali 72 ur. Po preteku tega časa, se ustavi dovod pare v registre parilne jame, vendar ostane jama pokrita še 24 ur, nakar se jo lahko odkrije. Odkrita hlodovina se mora hladiti vsaj še 12 ur. Če parjena hlodovina ni ohlajena na vsaj 40 °C, se ne da kvalitetno luščiti, ker je preveč plasticna. Barva lesa po parjenju je nekoliko rdečkasta, vendar izenacena tudi z rdecim srcem.

Gretje bukove hlodovine je namenjeno za izdelke, ki zahtevajo svetel naravni videz bukovega furnirja. Postopek gretja bukove hlodovine se ravno tako izvaja v parilnih jamah, kot parjenje, vendar pri temperaturah okoli 65 °C. Postopek gretja traja tri dni. Prvi del postopka zajema postopno dvigovanje temperature v jami od zacetne temperature hlodov do 65 °C. Zacetna temperatura je odvisna od letnega casa. Cas segrevanja je v zimskem casu daljši, kot v poletnem. Po doseženi temperaturi 65 °C poteka 48 ur pregrevanje hlodov pri tej temperaturi. Četrty dan je hlodovina že pripravljena za luščenje. Pred luščenjem ni potrebno hlajenje, kot pri parjeni hlodovini, ker so tu hlodi hladnejši in se ohlajajo tudi na fazah obdelave pred luščenjem.



Slika 5: Parilna jama s hlodovino kvalitete L

2.4.4 Krojenje hlodovine na dolžino furnirja z nadmero

Krojenje hlodovine opravimo zato, da iz dolžin, ki jih ima dobavljena hlodovina dobimo krajše hlope, ki ustrezajo želeni dolžini furnirja z vsemi nadmerami. Pri krojenju je potrebno misliti na cim boljši izkoristek in na to, da se s primernim krojenjem izognemo določenim vidnim napakam na površini hloda, ki bi lahko poslabšale izkoristek hlodovine in zmanjšale kvaliteto furnirja. Krojilci morajo imeti na voljo vec dolžin na katere lahko krojijo hlodovino. Krojijo lahko na tiste dolžine, ki se trenutno rabijo v proizvodnji in na tiste, ki se bodo rabile kasneje. Nakrojene hlope, ki se bodo rabili kasneje izlocimo na poseben transporter. Te hlope vrnemo nazaj na skladišče hlodovine in jih shranimo v posebni parilni jami, ki je namenjena samo vzdrževanju temperature že toplotno obdelanih hlodov na 50 °C.

Najpogostejše napake, ki jih delavci pri krojenju izlocijo iz hlodovine so tiste, ki so bile ob prevzemu že upoštevane in odbite od dobavljene kolicine, to so: odprte celne razpoke, razne odebelitve hloda, vidne velike in male grce ali slepice, izraziti koreniniki, vidne poškodbe od gliv nastale zaradi predhodnih mehanskih poškodb. Kadar krojijo hlode za furnirje za notranje dele plošč, uporabljajo hlodovino nekoliko slabše kvalitete in tudi v delu hloda, ki gre na luščenje pustijo manjše že na zunaj vidne zdrave grce ali slepice.



Slika 6: Verižna žaga »DOLMAR« za precni razrez hlodov na krojenju

2.4.5 Lupljenje (čiščenje) hlodovine

Ciščenje hlodovine je operacija odstranjevanja drevesne skorje in necistoc, ki so na površini. Odstranjevanje poteka tako, da se hlod vrti na sklopu vrtecih se zobatih kolotov, iz zgornje strani pa na hlod pritiska rezkalna glava, ki odstranjuje drevesno skorjo in necistoce. Odstranjevanje skorje in necistoc je potrebno zato, da se čim bolj zmanjša možnost poškodb noža na luščilnem stroju. Vsaka poškodba noža pomeni sledi na površini furnirja in tak furnir je primeren le še za notranje sloje plošč. Poškodba pomeni tudi predcasno menjavo noža, ki je dokaj zamudna in draga pogostejše brušenje nožev povzroca hitrejšo obrabo noža.



Slika 7: Stroj za lupljenje hlodovine

2.4.6 Luščenje furnirja

V tovarni Novoles, PC Vezan les luščimo dve debelini furnirja. Furnir debeline 1,65 luščijo za zunanje sloje vezanih plošč, 2,25 mm pa notranje sloje.

Sam postopek luščenja furnirja je razdeljen v več faz. Prva faza je centriranje hloda, ki ga izvajamo na mehanski centrirni napravi. Po končanem centriranju sledi vpetje hloda v luščilni stroj. Za vpetje služita dve vreteni, ki potem vršita tudi prenos rotacije na hlod. Izvajanje pritiska na hlod je izvedeno s hidravličnim agregatom. Ko je hlod vpet in začne rotirati se začne hlodu približevati nosilec noža in protinoža. Pomik nosilca krmili centralni

krmilni sistem s pomočjo elektromotorjev in hidravličnega agregata. Hidravlični cilindri, ki so nameščeni na nosilec noža in tlačne letve vzdržujejo vedno pravilno pozicijo noža in protinoža proti hlotu. Pri operaciji luščenja prihaja iz luščilnega stroja neskončen trak furnirja



Slika 8: Stroj za centricno luščenje furnirja

Na bukovem luščenem furnirju se kljub predhodnem sortiranju in ocenjevanju hlodov na krojenju pojavlja veliko število različnih napak, ki zmanjšujejo vrednost in uporabnost furnirja. Vzroke za slabo kakovost furnirja lahko razdelimo v dve skupini in so posledica:

Nepravilne nastavitve stroja, kar ima za posledico variiranje debeline in zadrtnost furnirja.

Vplivu rastnih napak med katerimi so najbolj zastopane grce, razpoke in diskoloriran les – rdece srce bukve.

Vsi furnirji, ki imajo prej omenjene napake se lahko uporabljajo le za notranje sloje vezanih plošč, zato moramo paziti, da jih bo cim manj.



Slika 9: Stroj za centricno luščenje furnirja – luščilka

2.4.7 Krojenje furnirja na mokrih škarjah

Pri operaciji luščenja prihaja iz luščilnega stroja neskončen trak furnirja. Na samem začetku luščenja se najprej pojavijo krpe furnirja, ki so neuporabne in gredo v drobilec za sekance. Takoj, ko je trak sklenjen pa potuje furnir po transportnem traku, ki je sestavljen iz več jermen, do senzorjev za zaznavanje izpadlih grci in odprtih razpok. Ti senzorji so optični in so sestavljeni iz močnih žarnic, ki presvetlijo furnir na zgornji strani in senzorjev za zaznavanje svetlobe na spodnji strani. Za senzorji so v razdalji 2 m nameščene rotacijske (moke) škarje z dvema glavama od katerih ima vsaka po tri segmentne nože nameščene po obodu glav. Od senzorjev dobijo mokre škarje preko krmilnika podatke o napakah, ki jih je potrebno izsekati. V krmilniku so vneseni podatki o možnih širinah furnirja, ki jih lahko škarje krojijo med enim procesom luščenja in ostrina kriterijev za izsekovanje napak (velikost izpadlih grc dolžina in širina odprtih razpok).

Krojen furnir potuje po transportnem traku do odlagalnih mest. Odlaganje se ravno tako vrši avtomatsko preko krmilnika na mokrih škarjah. vneseni so podatki na katera odlagalna mesta bomo odlagali katero dimenzijo furnirja.



Slika 10: Mokre škarje »COLOMBO CREMONA«



Slika 11: Odlagalna naprava za moker furnir po krojenju na mokrih škarjah

2.4.8 Sušenje furnirja

Po luščenju moramo furnir cim prej posušiti. V nasprotnem primeru ga posebno v poletnem času hitro napadejo plesni in glive, ki lahko povzročijo obarvanje. Furnirji bi se zaradi plesni tudi zlepili skupaj. Pri sušenju furnirja, ki ga izvajamo v pretocni valjčni sušilnici, pridejo do izraza še vse napake, ki po luščenju niso bile opazne. Luščen furnir je v tangencialni smeri lesa razrezan hlod. V tangencialni smeri pa je krcenje lasa največje, to je okoli 10 %, zaradi tega in napetosti, ki so že bile v lesu, se napake samo še povečajo. Po sušenju se bukov furnir rad mocno zvija, zguba in razpoka. Hlodovina, ki jo dobimo s slabših rastišč, z mocno nagnjenih terenov ima veliko tenzijskega lesa, ki je med glavnimi vzrok za zvijanje in valovitost furnirja. Z ustreznimi režimi sušenja lahko napetosti v furnirju zmanjšamo, vendar le v omejeni meri. Sušenje traja le 3 - 6 minut, v tem času pa furnir posušimo iz vstopne vlažnosti 70-80 % na 5-12 %. Sušenje poteka pri temperaturi 160 – 170° C.

Največja napaka pri sušenju so razpoke, ki nastajajo zaradi krcenja lesa, te pa so najbolj izrazite na furnirjih, ki jih dobimo proti koncu luščenja kjer je več juvenilnega lesa.



Slika 12: Sušilnica za sušenje furnirja »BABCOCK«

2.4.9 Kondicioniranje furnirja in obrez na suhih škarijah

Posušeni furnir moramo pred nadaljno obdelavo kondicionirati vsaj 24 ur. Pri tem se notranje napetosti umirijo. Posušena furnirja, ki je namenjen za notranje sloje plošč ter dimenzijsko in kvalitetno ustreza namenu uporabe, ne obdelujemo več in je namenjen za takojšnjo predelavo.

Furnirje, ki so namenjeni za zunanje liste in tiste, ki gredo na spajanje pa moramo obrezati, da izlocimo napake, ki jih prej optične škarje niso zaznale (zdrave ali izpadle grce, piravost, razlike v barvi), pa tudi razpoke, ki so nastale zaradi sušenja. To operacijo izvajamo na suhih škarijah za obrez furnirja. Za obrez suhega furnirja uporabljamo dve liniji škarij. Prve škarje so optične enake, kot mokre škarje s senzorji in krmilnikom in so namenjene le za obrez furnirjev za notranje sloje plošč. Te škarje izsekujejo le izpadle grce in odprte razpoke. Druge škarje, ki so vodene ročno pa so namenjene za krojenje furnirjev za zunanje sloje plošč. Na njih delavke vidijo tudi napake, ki jih senzorji ne morejo zaznati (zdrave grce, razlike v barvi furnirja, piravost).



Slika 13: Škarje za obrez suhega furnirja »OLM-CREMONA« s krmilnikom

3 MATERIALI IN METODE

3.1 PREVZEM BUKOVE HLODOVINE NA SKLADIŠČU SUROVIN IN RAZVRŠCANJE V KVALITETNE RAZREDE

Podatke o prevzeti bukovi hlodovini smo dobili iz arhiva tovarne Novoles, PC Vezan les, za zadnjih pet let, od leta 2000 do 2004. V arhivu imajo spravljene vse podatke o dobavi hlodovine. Arhivirane imajo vse dobavnice za vsako dobavo iz katere se lahko ugotovi dobavitelj, kvalitetni razredi, kolicina dobavljene hlodovine in način dobave. Iz vseh teh podatkov smo oblikovali tabelo o kolicini in kvaliteti dobavljene hlodovine.

Za študij prevzema hlodovine po kvaliteti smo izbrali podatke o bukovi hlodovini kvalitete F, L, I.kl., II.kl. in III.kl., torej vseh kvalitetnih razredov, ki se pojavljajo na trgu bukove hlodovine.

Iz arhiva smo ugotovili, da je bil povprečni premer hlodov v tem obdobju 44 cm. Pri vsakokratni dobavi hlodovine se izvrši kolicinski in kakovostni prevzem dobavljene hlodovine. To je označeno na dobavnici z žigom »prevzeto«. Letno se zaradi neustrezne kakovosti razvrsti v nižji kakovostni razred 11 % dobavljenih bukovih hlodov. Zaradi prevelikih napak na dobavljenih hlodih se izvršijo tudi bonifikacije hlodov, ki znašajo zmanjšanje dobavljenih kolicin za 1 % letno.

3.2 VPLIV KVALITETNIH DEJAVNIKOV NA IZKORISTKE PRI KROJENJU HLODOVINE

Merjenje krojenja hlodovine smo opravili v tovarni Novoles, PC vezan les na samem delovnem mestu krojenja hlodovine. Uporabljali smo premerko za merjenje premera hlodov, merilno letev z razdelitvijo 10 cm za merjenje dolžine hlodov in za označevanje krojenih mest, tracni meter pa smo uporabljali za merjenje odcevkov, ki smo jih merili na 1 cm natančno.

Meritve so potekale v dopoldanski izmeni, naključno kateri koli dan v tednu in sicer od ponedeljka do petka, vsega skupaj deset dni v mesecu januarju in februarju 2005. za vzorec smo vzeli 689,101 m³ hlodov.

Krojenje hlodovine predstavlja samostojno delovno mesto, zato smo to opravili v sodelovanju z delavcem, ki dela na tem delovnem mestu. Za izvedbo poskusa smo izmerili najprej premer in dolžino hloda, ki ga je delavec dobil za obdelavo.

Izračunali smo volumen hlodov in odcevkov in primerjali dobljene podatke.

Fazo krojenja smo ga opravljali na električni motorni verižni žagi DOLMAR tip DSH 150-200, z dolžino lista 150 cm.

3.3 VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI LUŠČENJU FURNIRJA

Luščenje smo opravili v tovarni Novoles, PC Vezan les, na stroju za centricno luščenje furnirja. Stroj je proizvajalca Columbo & Cremona iz Cremona v Italiji, model SFT 1000 X 2700, leto izdelave 1990. Najvecja možna dolžina hloda za vpetje je 2680 mm. Najvecja dolžina furnirja, ki se lahko lušči na tem stroju pa je 2600 mm. Kapaciteta luščilnega stroja je 45 m³ luščenega furnirja dolžine 2600 mm in debeline 1,65 te 2,25 mm v osmih urah.

Luščenje furnirja delimo v dve fazi in sicer predluščenje ali zaokrožitev hloda in luščenje furnirja. Vsak hlod smo izmerili najprej pred vpetjem hloda v centrirno napravo. Ta meritev nam je dala podatke o vhodni kolicini hlodov. Po vsakem predluščenju smo ponovno izmerili premer hloda s premerko za hlode, da smo ugotovili odpadek lesa na tej fazi obdelave. Po končanem luščenju smo s tracnim metrom izmerili tudi premer ostanka od luščenja (okroglico), ki je ostal med vpenjalnimi celjustmi.

Vzorec je zajemal 724,322 m³ hlodov obeh kvalitetnih razredov F in L. Na vsaki fazi obdelave smo zapisovali vzroke za izmet, ki smo ga izmerili.

3.4 VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI KROJENJU FURNIRJA NA MOKRIH ŠKARJAH

Spremljali smo tudi krojenje mokrega furnirja na škarjah Colombo & Cremona, model RC 2700 dual clipper, delovne širine 2700 mm, ki so povezane v linijo z luščilnim strojem in odlagalnimi napravami za krojen furnir. Najvecji pomik furnirja skozi škarje je 150 m/mm. Poskus je potekal istocasno kot luščenje furnirja, zato je bil tudi vzorec enak. Poskus je potekal v dopoldanski izmeni v mesecu marcu in aprilu 2005.

Meritve smo opravili tako, da smo primerjali kolicino luščenega furnirja, ki smo ga izmerili na odlagalnih mestih s kolicino hlodov, ki so že imeli opravljeno fazo zaokrožitve. Pri tem je nastalo tudi nekaj reparacijskega furnirja, ki je namenjen ponovnemu krojenju v krajše dolžine, tega pa smo upoštevali kot 50 % uporabnega.

3.5 VPLIV KVALITETE LESA NA IZGUBE PRI SUŠENJU FURNIRJA

Spremljali smo sušenje v tovarni NOVOLES, PC Vezan les na pretocni trietažni sušilnici za furnir proizvajalca BABCOCK tip RD III 460/12 m.K. Delovna širina sušilnice je 4.600 mm, dolžina sušilnice je 14.500 mm, višina pa 4.000 mm. Sušilnica ima šest ventilatorjev, ki skozi grelce pihajo vroc zrak v šobe, ki usmerjajo vroc zrak pravokotno na furnir. Ventilatorji in grelci so na vrhu sušilnice. Za pomik furnirja skozi sušilnico so vgrajeni gnani valji, ki obenem furnir tudi likajo. Sušilnica je razdeljena v tri dele s tremi različnimi klimami in sicer segrevanje, sušenje, klimatiziranje in ohlajevanje furnirja. Casi sušenja furnirja so zelo kratki in znašajo okoli 5 minut in so odvisni od debeline furnirja, zacetne vlažnosti furnirja in končne vlažnosti furnirja. Cas sušenja reguliramo s hitrostjo pomika furnirja skozi sušilnico. Temperature sušenja so zelo visoke in znašajo 160 – 170°C. Na vstopni strani treh etaž sušilnice je tudi avtomatska vlagalna naprava, ki sama dozira furnir v vsako etažo sušilnice posebej. Na izstopni strani so odlagalna mesta za suh furnir z

dvižnimi mizami. Celoten stroj poslužujejo štirje delavci, dva na vstopni strani in dva na izstopni strani.

Pri vsake poskusu smo najprej izmerili vstopno vlažnost furnirja in njegove dimenzije še posebej širino. Izmerili smo hitrost pomika furnirja med sušenjem in čas sušenja. Med poskusom smo uporabili le dve debelini furnirja in sicer 1,65 mm in 2,25 mm, ki je bil različnih dolžin in širin ter različnih kakovosti. Vlažnost furnirja smo merili z električnim uporovnim vlagomerom, tako vstopno kot izstopno vlažnost. Za kontrolo točnosti vlagomera smo opravili tudi gravimetricno meritev končne vlažnosti furnirja.

Po končanem sušenju smo ponovno izmerili dimenzije furnirja in ugotavljali napake, ki so se pojavile po sušenju. Izmerili smo končno vlažnost furnirja in zapisali namen uporabe določenega furnirja - za zunanje liste za srednje sloje ali za krivljene elemente iz slojastega lesa.

Za vse meritve dolžin in širin furnirja smo uporabili tracni meter, za debelino furnirja kljunasto merilo, za merjenje hitrosti pomika furnirja skozi sušilnico in časa sušenja pa uro stoparico.

3.6 VPLIV KVALITETE LESA NA IZKORISTKE PRI KROJENJU SUHEGA FURNIRJA

Krojenje suhega furnirja smo spremljali na furnirskih škarjah OLM-CREMONA model CX/OT 2700 v tovarni Novoles, PC Vezan les. Delovna širina teh škarij je 2700 mm in so avtomatske za izsek samo optičnih napak (izpadlih grc, odprtih razpok in lukenj na furnirju), ki jih zaznajo skenerji in jih uravnava računalnik. Te škarje so namenjene le za furnirje za srednje sloje. Na njih krojimo v glavnem furnirje ki so bili naluščeni iz hlodov kvalitete I..

Krojenje suhega furnirja smo spremljali tudi na škarjah MULLER-FORST model CES.28, ki so ročne in so namenjene le za krojenje furnirjev za zunanje sloje furnirja - liste, furnirjev, ki so bili naluščeni iz hlodov kvalitete F. Na teh škarjah izsekujemo enake napake kot na avtomatskih, s tem da tu lahko uravnavamo tudi barvno usklajenost furnirjev kar je pogoj za zunanje sloje plošč.

Oboje furnirske škarje imajo na vstopni strani nameščen števec s katerim smo odčitali koliko tekocih metrov furnirja je šlo v razrez. Na koncu transportnega traka na izstopni strani škarij je nameščen vozicek v katerega padajo odpadki. Te odpadke smo izmerili, da smo dobili njihov volumen. Med meritvami pa smo tudi ugotavljali vzroke zakaj je določen kos prišel, kot odpadke.

Pri merjenju izmeta smo uporabili tracni meter, za merjenje vstopnih kolicin pa števec tekocih metrov, ki je nameščen na samem stroju.

4 REZULTATI

4.1 PREVZEM BUKOVE HLODOVINE PO KAKOVOSTI

Izbrali smo prevzem hlodovine za zadnjih pet let od leta 2000 do leta 2004. Glavni dobavitelji v tem obdobju so GG Novo mesto, GG Brežice, GG Celje, GOZD Ljubljana in GLM – Lovše Jože. Vsi dobavitelji so iz bližnje okolice (najbolj oddaljen je GG Celje, približno 100 km), kar je ugodno z vidika transportnih stroškov.

Dobavljeno kolicino bukove hlodovine za leta 2000 do 2004 nam prikazujeta preglednici 1 in 2. Prikaz v procentualnih vrednostih bolj nazorno kaže, da se poraba bukove hlodovine med leti spreminja. Različna poraba je posledica manjše ali večje proizvodnje furnirja in posledicno tudi vezanih plošč. Manjša nabava hlodovine v letu 2002 in 2004 je bila posledica težav s prodajo ob vse hujši konkurenci vzhodnoevropskih proizvajalcev in preusmeritve proizvodnje v višje stopnje predelave lastnih vezanih plošč pa tudi varčevanja (zmanjševanja števila zaposlenih delavcev).

Preglednica 1: Kolicina prevzete bukove hlodovine v letih 2000 do 2004 po kvalitetnih razredih in osnovna statistika

LETO	PREVZETO	F kl.	L kl.	I. kl.	II kl.	III. kl.
2000	29.357	6.781	14.678	3.746	3.473	250
2001	30.656	7.021	14.794	4.869	3.679	293
2002	19.445	3.792	9.032	3.945	2.462	246
2003	28.691	6.374	12.798	5.701	3.531	285
2004	22.638	4.342	10.137	5.224	2.786	146

Leta	5	5	5	5	5	5
X povpr.	26157,40	5662,00	12287,80	4697,00	3186,20	244,00
95 % meja zaupanja	0,16	0,08	0,06	0,13	0,09	0,11
St. odklon	4856,348	1487,051	2621,096	834,451	531,182	58,579
Q1	22638,00	4342,00	10137,00	3945,00	2786,00	246,00
Q3	29357,00	6781,00	14678,00	5224,00	3531,00	285,00

Preglednica 2: Delež (%) prevzete bukove hlodovine po kvaliteti v letih od 2000 do 2004

LETO	PREVZETO	F kl.	L kl.	I. kl.	II. kl.	III. kl.
2000	100	23	50	14	12	1
2001	100	23	48	16	12	1
2002	100	20	46	20	13	1
2003	100	22	45	20	12	1
2004	100	19	45	23	12	1

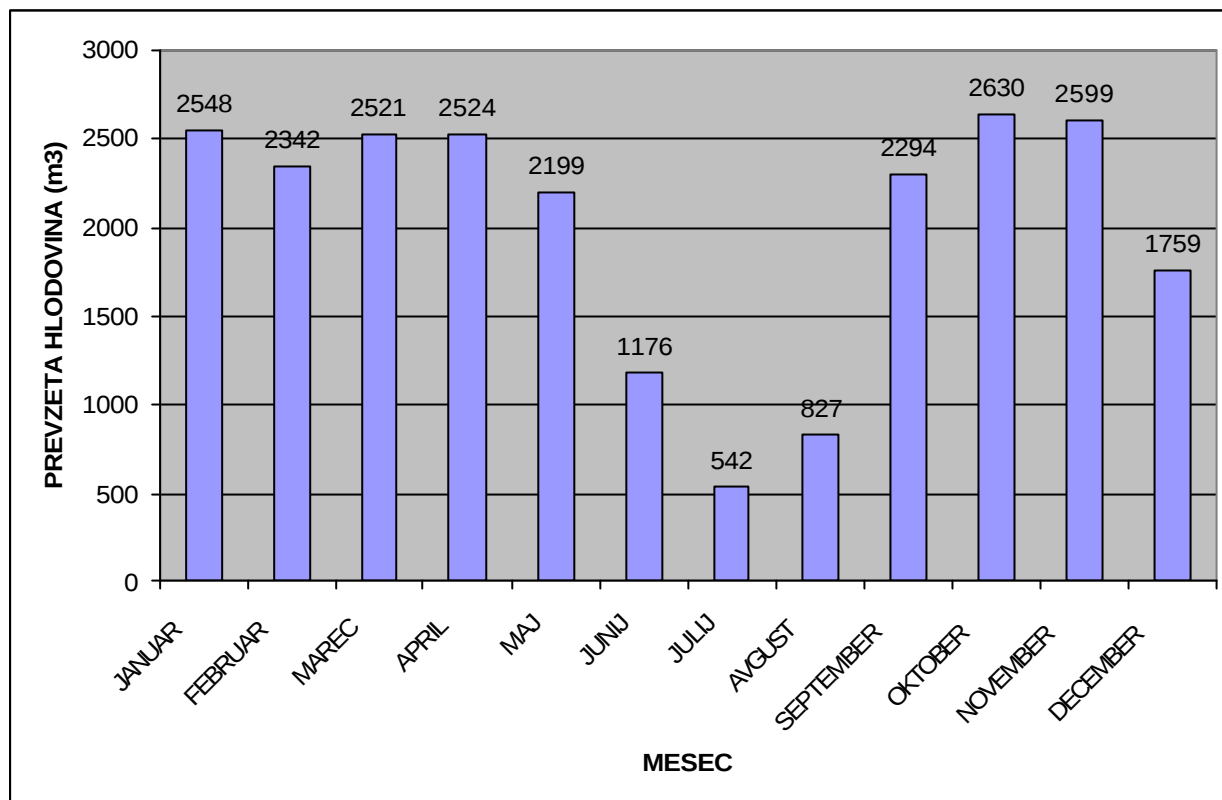
Preglednici nam tudi prikazujeta strukturo hlodovine, po kvaliteti za zadnjih 5 let. Opazno je upadanje boljših kvalitet F in L in na ta racun povečevanje slabših kvalitet predvsem I. kvalitete, ki je primernejša za razžagovanje na žagarskih obratih. Vendar, ker je dobava bukove hlodovine izrazito sezonskega značaja, moramo v času, ko na trgu ni dovolj hlodovine, uporabljati tudi slabšo kvaliteto hlodov. To pa gre kasneje vse na racun slabšega izkoristka bukove hlodovine.

Dobava hlodovine pa se spreminja tudi po mesecih v letu. Bukova hlodovina je surovina izrazito sezonskega značaja, saj gozdarji sekajo bukova drevesa v jesenskem in zimskem času. Temu se morajo prilagoditi tudi porabniki in jo nabavati v času, ko jo je dovolj na trgu. Gibanje dobavljene hlodovine po količini prikazuje preglednica 3 in slika 14. Poraba bukove hlodovine je povprečno 2.000 m³ hlodov na mesec. Iz tabele in slike je razvidno, da je dobava v prvih mesecih leta od januarja do maja dokaj konstantna in je okoli 2.500 m³ hlodov na mesec. V tem času se nabere tudi nekaj zaloge hlodovine, ki se porabi v poletnih mesecih od junija do septembra, ko pa je dobava precej manjša, kot pa je poraba. V mesecu juliju in avgustu so planirani tudi kolektivni dopusti, ki nimajo namen samo, da gredo delavci na dopust, ampak tudi zaustavitev proizvodnje zaradi pomanjkanja surovine in popravila najbolj vitalnih srtojev.

Preglednica 3: Prezem bukove hlodovine (m³) po mesecih za posamezno leto in statistični kazalci

LETO					
MESEC	2002	2003	2004	2005	POVPREČJE
JANUAR	2765	2641	2624	2162	2548
FEBRUAR	2047	2916	2657	1748	2342
MAREC	2723	3236	1950	2173	2521
APRIL	1319	3478	2220	3078	2524
MAJ	1456	2718	1460	4162	2199
JUNIJ	550	699	1359	2096	1176
JULIJ	463	602	181	922	542
AVGUST	1053	1175	637	443	827
SEPTEMBER	1539	2733	2610		2294
OKTOBER	2427	3053	2410		2630
NOVEMBER	2275	2759	2762		2599
DECEMBER	828	2681	1768		1759
SKUPAJ	19445	28691	22638		

št. meritev	12	12	12	8	12
X povpr.	1620,42	2390,92	1886,50	2098,00	1996,75
95 % meja zaupanja	0,16	0,08	0,06	0,13	0,09
St. odklon	817,235	984,305	839,968	1163,414	743,679
Q1	996,75	2274,50	1434,75	1541,50	1613,25
Q3	2313,00	2950,25	2613,50	2399,25	2530,00



Slika 14: Povprečni mesečni prevzem hlodovine v letih 2002 do 2005

Poleg spreminjanja količine dobavljene hlodovine po mesecih v letu pa se spreminja v letu tudi struktura kvalitete dobavljene hlodovine. V mesecih ko je hlodovine dovolj (januar – april in september – december) je razmerje kvalitet F : L : (I.,II.,III.,) približno 20 : 60 : 20. V poletnih mesecih pa se razmerje spremeni in sicer v korist slabše kvalitete (I.,II.,III.) in znaša razmerje kvalitet F : L : (I.,II.,III.,) približno 20 : 55 : 25. Tudi to ima za posledico slabše izkoristke zaradi slabše dobavljene hlodovine.

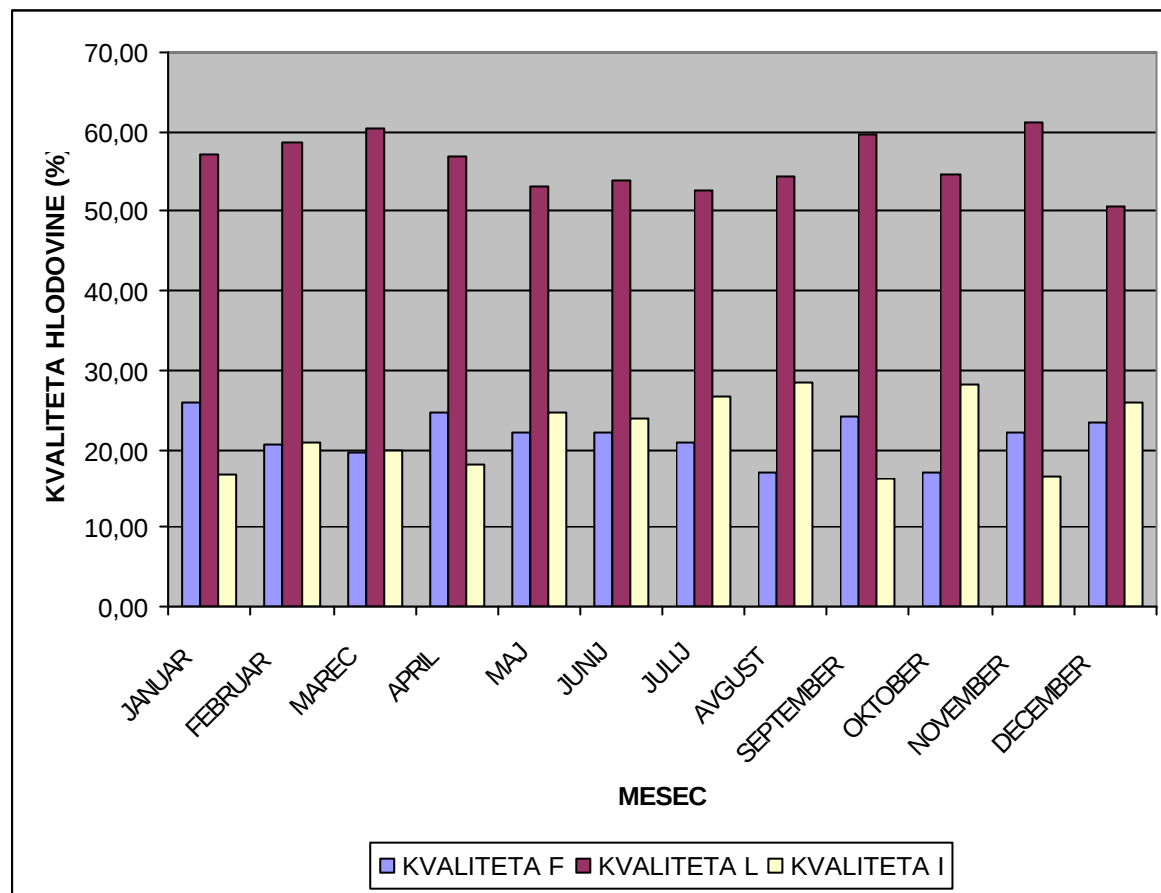
Preglednica 4: Kolicina dobavljene bukove hlodovine (m³) po kvaliteti za posamezni mesec (za leta 2003-2005) in statistični kazalci

MESEC	KVALITETA HLODOVINE			
	F	L	I.,II.,III.	SKUPAJ
JANUAR	1934	4236	1257	7427
FEBRUAR	1571	4462	1587	7620
MAREC	1443	4447	1469	7359
APRIL	2173	5005	1598	8776
MAJ	1843	4435	2062	8340
JUNIJ	923	2237	994	4154
JULIJ	356	896	453	1705
AVGUST	384	1227	644	2255
SEPTEMBER	1305	3220	875	5400
OKTOBER	1404	4470	2321	8195
NOVEMBER	1226	3372	923	5521
DECEMBER	1040	2252	1158	4450
SKUPAJ	15602	40259	15341	71202

STAT. KAZALCI	F kl.	L kl.	I, II, III.	SKUPAJ
št. meritev	12	12	12	12
X povpr.	1300,17	3354,92	1278,42	5933,50
95 % meja zaupanja	0,16	0,08	0,06	0,13
St. odklon	564,806	1394,349	556,235	2399,357
Q1	1010,75	2248,25	911,00	4376,00
Q3	1639,00	4450,75	1589,75	7763,75

Preglednica 5: Delež dobavljene bukove hlodovine (%) po kvaliteti za posamezni mesec (za leta 2003-2005)

	KVALITETA HLODOVINE			
MESEC	F	L	I.,II.,III.	SKUPAJ
JANUAR	26,04	57,04	16,92	100
FEBRUAR	20,62	58,56	20,83	100
MAREC	19,61	60,43	19,96	100
APRIL	24,76	57,03	18,21	100
MAJ	22,10	53,18	24,72	100
JUNIJ	22,22	53,85	23,93	100
JULIJ	20,88	52,55	26,57	100
AVGUST	17,03	54,41	28,56	100
SEPTEMBER	24,17	59,63	16,20	100
OKTOBER	17,13	54,55	28,32	100
NOVEMBER	22,21	61,08	16,72	100
DECEMBER	23,37	50,61	26,02	100
SKUPAJ	21,91	56,54	21,55	100



Slika 15: Delež dobavljene bukove hlodovine po mesecih (leta 2003-2005)

4.1.1 Hidrotermicna obdelava

Hidrotermicna obdelava hlodovine spada v sklop prevzema bukove hlodovine na skladišču surovin in razvrščanje v kvalitetne razrede. To obdelavo izvaja delavec, ki naskadišču prevzema in sortira hlodovino.

Izvaja z namenom, da se lesu toliko spremenijo reološke lastnosti, da se med luščenjem lahko plasticno deformira. V hlodih se ob tem tudi zmanjšajo notranje napetosti.

Pri hidrotermicni obdelavi nastane pod vplivom toplote in vode proces hidrolizne razgradnje hemiceluloz v pentoze, heksoze in blage organske kisline. Te kisline delujejo, kot katalizatorji, ki še povečujejo učinek hidrolizne razgradnje. Zaradi teh kemijskih procesov se zmanjšajo elastičnost, higroskopnost in trdnost lesa. Poleg sprememb na hemicelulozah se zaradi termične obdelave omehča tudi lignin, kar kasneje zmanjšuje odpor na prodiranje noža v rotirajoci hlo d pri luščenju (Mešic. 1998).

Zaradi povečane stopnje plasticnosti se lahko libriformska vlakna pri procesu deformacije, ki nastaja pri luščenju, umaknejo v sosednje porozne prostore, ne da bi nastala očitna

destrukcija tkiva. Kolikor je manjše notranje trenje med lesnimi tkivi pri deformaciji, toliko večja je plasicnost (Mešic, 1998).

Postopki hidrotermicne obdelave bukovine se med seboj razlikujejo glede na želene učinke barve in plasticnost lesa Mešic (1998). Ko govorimo o hidrotermicni obdelavi bukovine namenjeni za luščenje furnirja, avtor navaja, da sta običajno izbrana dva postopka.

- getje hlodovine, pri cemer se barva lesa ne spremeni, les pa se toliko obdela, da ga je možno luščiti.
- parjenje hlodovine, pri cemer postane barva lesa nekoliko rdečkasto – rjava, stopnja plasticnosti lesa pa je večja kot pri greti hlodovini.

Ta dva načina hidrotermicne obdelave uporabljajo tudi v proizvodnji furnirnih plošč v tovarni Novoles v Straži. Oba postopka izvajajo na indirektni način. Obdelava poteka s pomočjo prenosnika toplote, ki je nizkotlačna para. Para dovajajo po ceveh v parilne jame. V parilnih jamah so cevi speljane v obliki spirale po dnu jame. Cevi so prekrite z vodo, para ogreva vodo, le-ta pa izpareva in oddaja toploto hlodovine.

4.1.1.1 Parjenje bukove hlodovine

Postopek parjenja hlodovine se izvaja v parilnih jamah volumna 80 m³ pri temperaturah 90 +/- 3°C. 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. Ožji del hidrotermicne obdelave parjenja pri predpisani zgornji vrednosti poteka tri dni, ali 72 ur. Po preteku tega časa, krmilnik procesa zapre ventile za dovod pare v jamo. 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. Če parjena hlodovina ni ohlajena na vsaj 40°C, se je ne da kvalitetno luščiti, ker je preveč plasticna. Barva lesa po termicni obdelavi je nekoliko rdečkasta, vendar praviloma izenacena.

4.1.1.2 Gretje bukove hlodovine

Za določene izdelke se zahteva svetel, bolj naraven videz furnirja. Zato hlodov za svetel furnir pred luščenjem ne parijo, ampak jih samo segrejejo, da lahko izvedejo operacijo luščenja. Ta postopek hidrotermicne obdelave se imenuje gretje hlodovine.

Postopek gretja bukove hlodovine se izvaja v parilnih jamah volumna 60 in 90 m³, pri temperaturah 65 +/- 3°C. Postopek gretja traja tri dni. Prvi del postopka zajema postopno dvigovanje temperature v jami od začetne temperature hlodov do 65 + 3°C. Začetna temperatura je odvisna od letnega časa. Čas gretja je v zimskem času daljši, kot v letnem. Nastavljanje časa za prvo fazo gretja do dosežene mejne temperature poteka na osnovi podatkov iz grafa gibanja temperatur pri gretju. Zatem poteka 48 ur pregrevanje hlodovine pri predpisani temperaturi. Četrty dan je hlodovina že pripravljena za luščenje. Pred luščenjem ni potrebno hlajenje, kot pri parjeni hlodovini.

Iz obeh postopkov hidrotermicne obdelave je razvidno, da je naraščanje temperature v parilni jami in temperature hlodov postopno. To naraščanje znaša 2,5° C/uro. Prehitro segrevanje hlodovine lahko vpliva na povečanje notranjih napetosti. Vsi hlodi so v aksialni

smeri na obodu obremenjeni na nateg, v notranjem delu debla pa na tlak (Cufar, 2002). Te napetosti so takoj po poseku večje kot kasneje. Večje temperaturne razlike bi lahko še dodatno povečale notranje napetosti do te mere, da bi zaceli hlodi s cela pokati. Še posebej je nevarno hitro segrevanje hlodovine v zimskem času, ko so temperaturne razlike med medijem, ki je prenosnih toplote in med hlodi, še večje. Zamrznjene hlode je bolje pred hidrotermično obdelavo najprej potopiti v vodo, da se postopno odtalijo. To naj bi bilo dobro zato, da se preprecijo večje notranje razpoke v lesu nastale zaradi zamrznitve vode v celicnih lumnih.

Postopek gretja se izvaja iz sledečih razlogov:

- da se les toplotno obdela, da je sposoben viskoelastične deformacije pri luščenju,
- da les namenjen za različne izdelke (npr. za pohištvo) ohrani svetlo barvo.

Procesi hidrotermičnih obdelav v tovarni vezanih plošč v Straži lahko potekajo v devetih parilnih jamah hkrati. Dejansko pa potekajo v petih ali šestih jamah, ker se dve ali tri praznijo ali polnijo. Vsi procesi hidrotermičnih obdelav se odvijajo na osnovi navedenih režimov parjenja in segrevanja. Recimi so vneseni v spominsko enoto računalnika, ki krmili izvajanje procesa. Osnovna podatka za krmiljenje hidrotermične obdelave sta izmerjena temperatura v jami in stopnja odprtosti ventila na dovodu pare. Dejanska temperatura v jami je izmerjena z uporovnim termometrom (RTD – resistance temperature detector), ki je vezan na krmilni sistem. Poleg računalniškega spremljanja temperature v jami se izvaja tudi kontrolno ročno merjenje temperature na vsake štiri ure. Ročno merjenje opravlja glavni delavec s prenosnim termometrom, ki deluje na principu termoclena tipa K (Seebeekov in Peltierov efekt). Podatki o termometrih so vzeti iz proizvajalcevih katalogov. Vsi termometri so umerjeni v lastnem laboratoriju na osnovi referencnega termometra, ki ga kontrolira ZRMK Ljubljana.

4.2 KROJENJE HLODOV

Pri krojenju hlodovine je cilj, cim boljši izkoristek in izogib vidnim napakam na površini hloda, ki bi lahko poslabšale izkoristek hlodovine in kvaliteto furnirja. Krojilci imajo vedno na voljo vec dolžin na katere lahko krojijo hlodovino. Krojijo lahko na tiste dolžine, ki se trenutno rabijo v proizvodnji in na tiste, ki se bodo rabile kasneje npr. kasneje istega dne ali kak drug dan.

V analizi so bili zajeti tako parjeni kot tudi greti hlodi. Delitev hlodovine glede na hidrotermicno obdelavo se nam je zdela smiselna, ker smo hoteli ugotoviti ali se pojavlja razlika v kolicini odcelkov tudi glede na hidrotermicno obdelavo. Pri obeh vrstah hidrotermicne obdelave uporabljamo obe kvaliteti hlodovine F in L. V proizvodnji vezanih plošč in elementov iz slojastega lesa so potebe tako po parjenem, kot tudi po gretim furnirju.

Meritve krojenja hlodovine obeh kvalitetnih razredov prikazujejo preglednice 6, 7, 8 in 9. Oba razreda sta bila hidrotermicno predhodno obdelana s parjenjem ali z gretjem.

Preglednica 6: Kolicina in delež krojene grete hlodovine kvalitete F

DATUM MERITEV	KROJENO (m ³) %		ODCELKI (m ³) %		RAZPOKE (m ³) %		KORENICNIK (m ³) %		VRH (m ³) %		OSTANEK (m ³) %	
15.01.05	54,390	100	3,036	5,58	2,213	72,89	0,522	17,19	0,278	9,16	0,023	0,76
17.01.05	55,359	100	3,039	5,49	2,359	77,62	0,508	16,72	0,157	5,17	0,015	0,37
20.01.05	99,456	100	5,180	5,21	3,200	61,78	1,514	29,23	0,355	6,85	0,111	2,14
28.01.05	42,916	100	1,599	3,73	1,321	82,61	0,158	9,88	0,110	6,92	0,010	0,63
29.01.05	84,751	100	4,968	5,86	3,176	63,93	1,358	27,34	0,315	6,34	0,119	2,40
SKUPAJ	336,872	100	17,822	5,29	12,272	68,86	4,060	22,78	1,215	6,82	0,278	1,56
%	100,00		5,29		68,86		22,78		6,82		1,56	

Preglednica 7: Kolicina in delež krojene parjene hlodovine kvalitete F

DATUM MERITEV	KROJENO (m ³) %		ODCELKI (m ³) %		RAZPOKE (m ³) %		KORENICNIK (m ³) %		VRH (m ³) %		OSTANEK (m ³) %	
11.01.05	51,217	100	3,026	5,91	1,967	65,00	0,772	25,51	0,246	8,13	0,041	1,36
12.01.05	94,867	100	4,760	5,02	2,894	60,80	1,394	29,29	0,371	7,79	0,101	2,12
21.01.05	49,456	100	3,180	6,43	2,200	69,18	0,514	16,16	0,355	11,16	0,111	3,49
22.01.05	47,069	100	2,820	6,00	1,770	62,77	0,497	17,62	0,401	14,22	0,152	5,39
24.01.05	99,076	100	5,588	5,64	3,926	70,26	1,230	22,01	0,310	5,55	0,122	2,18
SKUPAJ	341,685	100	19,374	5,67	12,757	65,85	4,407	22,75	1,683	8,69	0,527	2,72
%	100,00		5,67		65,85		22,75		8,69		2,72	

Preglednica 8: Kolicina in delež krojene parjene hlodovine kvalitete L

DATUM MERITEV	KROJENO (m ³) %		ODCELKI (m ³) %		RAZPOKE (m ³) %		KORENICNIK (m ³) %		VRH (m ³) %		OSTANEK (m ³) %	
04.01.05	44,390	100	2,036	4,59	1,213	59,58	0,522	25,64	0,278	13,65	0,023	1,13
05.01.05	56,259	100	3,039	5,40	2,359	77,62	0,508	16,72	0,157	5,17	0,015	0,50
06.01.05	59,456	100	4,180	7,03	2,200	52,63	1,514	36,22	0,355	8,49	0,111	2,66
25.01.05	48,076	100	3,588	7,46	2,926	81,55	0,230	6,41	0,310	8,64	0,122	3,40
26.01.05	42,916	100	1,599	3,73	1,321	82,61	0,158	9,88	0,110	6,88	0,010	0,63
SKUPAJ	241,097	100	14,442	5,99	10,019	69,38	2,932	20,30	1,210	8,38	0,281	1,95
%	100,00		5,99		69,38		20,30		8,38		1,95	

Preglednica 9: Kolicina in delež krojene grete hlodovine kvalitete L

DATUM MERITEV	KROJENO (m ³) %		ODCELKI (m ³) %		RAZPOKE (m ³) %		KORENICNIK (m ³) %		VRH (m ³) %		OSTANEK (m ³) %	
03.01.05	61,217	100	3,026	4,94	1,967	65,00	0,772	25,51	0,246	8,13	0,041	1,36
07.01.05	84,867	100	4,760	5,61	2,894	60,80	1,094	22,98	0,371	7,79	0,101	2,12
21.01.05	79,456	100	4,180	5,26	2,200	52,63	1,014	24,26	0,355	8,49	0,111	2,66
22.01.05	107,069	100	6,118	6,55	4,770	77,97	1,295	21,17	0,401	6,55	0,152	2,48
27.01.05	74,751	100	4,968	6,65	4,176	84,12	0,658	13,24	0,315	6,34	0,119	2,40
SKUPAJ	407,360	100	23,052	5,65	16,007	69,44	4,833	20,97	1,688	7,32	0,524	2,27
%	100,00		5,65		69,44		20,97		7,32		2,27	

Preglednici 6 in 7 prikazujeta, da je na krojenju nastalo pri hlodih kvalitete F, ki so bili hidrotermicno obdelani z gretjem 5,29 % odcevkov in pri hidrotmicni obdelavi s parjenjem pri enaki kvaliteti hlodov 5,67 % odcevkov. Največji delež odcevkov je nastalo zaradi celnih razpok in sicer pri greti hlodovini 68,86 % in pri parjeni hlodovini 65,85 %. Vzroke za nastanek celnih razpok lahko najdemo v tem, da se pri toplotni obdelavi sproščajo notranje napetosti še bolj intenzivno, kot v hlodu, ki leži na skladišču in se mu pocasi umirjajo notranje napetosti. Prav tako je pomembno, da je hlodovina pred toplotno obdelavo umirjena, da je odležana vsaj nekaj tednov in ni takoj po poseku namenjena toplotni obdelavi. Na drugem mestu pa so koreniniki. Pri hlodih, ki so bili hidrotermicno obdelani z gretjem je njihiv delež znašal 22,78 % pri parjenih hlodih pa 22,75 %. Koreniniki imajo izrazito stožčasno obliko in nagubano površino, ki ovira obdelavo, odstranjevanje skorje in luščenje furnirja. Koreniniki imajo tudi izraziti tenzijski les. Izraziti tenzijski les smo ugotovili tudi po dobaviteljih.

Preglednici 8 in 9 prikazujeta, da je na krojenju nastalo pri hlodih kvalitete L, ki so bili hidrotermicno obdelani z gretjem 5,65 % odcevkov in pri hidrotmicni obdelavi s parjenjem pri enaki kvaliteti hlodov 5,99 % odcevkov. Največji delež odcevkov je nastalo zaradi celnih razpok in sicer pri greti hlodovini 67,40 % in pri parjeni hlodovini 69,38 %. Na drugem mestu pa so koreniniki. Pri hlodih, ki so bili hidrotermicno obdelani z gretjem je njihov delež znašal 24,80 % pri parjenih hlodih pa 20,30 %.

Poseben problem izkoristka hlodovine na tem delovnem mestu predstavlja odlocitev samega delavca, kako bo hlod razkrojil. Trenutno se odloca po lastni presoji, ki pa ni vedno najbolj racionalna. Velikokrat se pojavljajo odcelki, ki jih ne moremo uvrstiti v nobeno skupino napak – ostanki. Odrezali so jih, ker se dolžine sortimentov pac niso izšle, ceprav nimajo nobenih napak.

4.3 LUŠČENJA FURNIRJA

Luščenje furnirja je najpomembnejša faza v proizvodnji furnirja in vezanih plošč. Zaradi tega so tudi izkoristki na tem delovnem mestu izredno pomembni, saj je tu odločilna tako kakovost, kot kolicina furnirja.

Za namen izdelave furnirnih plošč in krivljenega slojastega lesa luščijo v tovarni Novoles, PC Vezan les, dve različni debelini furnirja, in sicer 1,65 mm in 2,25 mm. Občasno luščijo tudi furnir debeline 1,2 mm, ki ga uporabljajo samo za izdelavo vezanih plošč debeline 3 mm. Furnirji teh debelin se luščijo iz hlodov F in L kvalitete. Furnirji debeline 1,65 mm so namenjeni za zunanje sloje plošč in so zato luščeni iz hlodov F kvalitete. Furnirji debeline 2,25 mm pa so namenjeni za srednje sloje in so luščeni iz hlodov L kvalitete. Vendar to ni strogo pravilo, saj imamo na luščilnem stroju možnost, da med luščenjem enega hloda spremenimo debelino furnirja. Tako lahko na začetku luščenja, ko je hlod brez napak luščimo furnir debeline 1,65 mm nato pa proti sredini, ko se odkrije vse več napak na hlodu debelino furnirja zamenjamo na 2,25 mm.

Podatke, ki smo jih dobili pri meritvah odpadkov na luščenju furnirja na prikazujejo preglednice 10, 11, 12 in 13. Izbrali smo vse dolžine, ki so najpogostejše v proizvodnji. Kolicina hlodov predstavlja kolicino hlodovine, ki je bila namenjena luščenju. Pomemben podatek je tudi dolžina hloda (bruto mera), kjer je upoštevana tudi nadmera furnirja, ki smo jo luščili iz prej navedenih hlodov. Dolžinska nadmera je vedno 8 cm, kar predstavlja različne odpadke glede na dolžino hlodov namenjenih za luščenje.

Preglednica 10: Kolicina in delež luščenega furnirja grete bukove hlodovine F kvalitete

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV (m)	PROSTORNINA HLODOV (m ³)	ZAOKROŽITEV HLODOV		OKROGLICE	
			m ³	%	m ³	%
03.02.2005	2,65	58,810	7,740	13,16	5,290	9,00
11.02.2005	2,20	47,510	6,290	13,27	4,070	8,57
14.02.2005	2,50	25,260	3,410	13,50	2,220	8,79
17.02.2005	2,20	59,720	7,810	13,08	5,370	8,99
18.02.2005	2,20	37,460	4,940	13,19	3,080	8,22
SKUPAJ		228,700	30,190	13,20	20,010	8,75

Preglednica 11: Kolicina in delež luščenega furnirja parjene bukove hlodovine F kvalitete

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV (m)	PROSTORNINA HLODOV (m ³)	ZAOKROŽITEV HLODOV		OKROGLICE	
			m ³	%	m ³	%
01.02.2005	2,65	42,482	5,612	13,21	3,505	8,25
02.02.2005	2,65	48,615	6,325	13,01	4,448	9,15
04.02.2005	2,50	51,618	6,788	13,15	4,517	8,75
09.02.2005	2,65	31,561	4,254	13,48	2,803	8,88
10.02.2005	2,65	62,888	8,282	13,17	5,868	9,33
SKUPAJ		237,164	31,261	13,18	21,141	8,91

Preglednica 12: Kolicina in delež luščenega furnirja parjene bukove hlodovine L kvalitete

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV (m)	PROSTORNINA HLODOV (m ³)	ZAOKROŽITEV HLODOV		OKROGLICE	
			m ³	%	m ³	%
15.02.2005	1,75	52,370	7,323	13,81	4,953	9,46
16.02.2005	1,75	8,770	1,166	13,30	0,789	8,99
24.02.2005	1,70	31,280	4,191	13,39	2,753	8,80
28.02.2005	1,70	10,160	1,380	13,58	0,884	8,70
01.03.2005	1,40	11,810	1,630	13,80	1,051	8,90
SKUPAJ		114,439	15,690	13,71	10,430	9,11

Preglednica 13: Kolicina in delež luščenega furnirja grete bukove hlodovine L kvalitete

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV (m)	PROSTORNINA HLODOV (m ³)	ZAOKROŽITEV HLODOV		OKROGLICE	
			m ³	%	m ³	%
21.02.2005	1,40	16,200	2,301	14,20	1,458	9,00
22.02.2005	1,40	38,625	5,118	13,25	3,534	9,15
23.02.2005	1,70	42,515	5,956	14,01	3,775	8,88
25.02.2005	1,70	29,571	4,190	14,17	2,676	9,05
02.03.2005	1,70	17,108	2,393	13,99	1,497	8,75
SKUPAJ		144,019	19,958	13,86	12,940	8,99

Odpadek zaradi zaokrožitve pri parjenih hlodih kvalitete F je 13,18 % pri gretih hlodih kvalitete F je 13,20 % pri parjenih hlodih kvalitete L je 13,71 % in pri gretih hlodih kvalitete L je 13,86 %, kar kaže na nekoliko večji odpadek pri hlodih kvalitete L

V odpadku zaokrožitve gre najboljši adutni les, zato moramo biti že na krojenju hlodovine posebno previdni, da zvitihi debel ne krojimo v hlode za daljše furnirje.

Pri ostankih luščenja (okroglicah), znaša odpadek pri parjenih hlodih kvalitete F 8,91 % pri gretih hlodih kvalitete F je 8,75 %, pri parjenih hlodih kvalitete L je odpadek 9,11 %, pri gretih hlodih kvalitete L pa je odpadek 8,99 %.

Okroglice predstavljajo skupno 8,94 % odpadka. Iz analize je bilo ugotovljeno, da imajo debeli hlodi tudi debelejšje okroglice in s tem večji izmet. Vzrok za to je v tem, da je večina osrednjih delov bukovih hlodov že okužena, obarvana ali pa je ta del že pirav, zaradi tega se vpenjalni glavi stroja zavrtijo in hloda ne moremo več tako trdno držati vpetega obdelovanca v stroj. Okroglice vsebujejo predvsem juvenilni les, ki ima še slabše mehanske lastnosti, in po luščenju dobimo furnir s slabimi mehanskimi lastnostmi, furnir je pogosto razpokan, trak furnirja se večkrat pretrga in je poln grc, razpok, slepic, včasih tudi pirov in ima obarvano rdece srce.

4.4 KROJENJE MOKREGA FURNIRJA

Krojenje furnirja na mokrih škarjah predstavlja krojenje furnirja na določene dimenzije (širine) in izrez napak na furnirju. Izrezujemo lahko le optične napake razlik v barvi pa ne, ker sistem ne omogoča prepoznavanja barvnih sprememb oz. napak. Mokre škarje so vodene preko skenerja in racunalnika, ki ima v pomnilniku kriterije kvalitete luščenega furnirja. Odpadek je odvisen tudi od nastanitve škarij. Če luščimo furnir iz hlodov F kvalitete, ki je namenjen za zunanje sloje plošč se lahko odlocimo za ostrejške kriterije (manjše luknje, razpoke, izpadle grce) ali za blažje pri hlodih kvalitete L iz katerih luščimo furnir za srednje sloje. V proizvodnji vezanih plošč furnir po sušenju še enkrat krojimo, da izlocimo tudi napake, ki jih optične škarje niso zaznale in napake, ki so nastale med sušenjem.

Da se odpadek na mokrih škarjah razlikuje glede na to kakšno hlodovino luščimo in za kakšen namen, nam prikazujejo preglednice 14, 15, 16 in 17. Preglednica 14 nam prikazuje, da pri hlodih kvalitete F, ki jih luščimo za furnirje za zunanje sloje plošč znašal odpadek pri parjenih hlodih 10,47 % pri gretih hlodih pa 10,35 %. Pri furnirju za zunanje sloje plošč veljajo bolj strogi kriteriji kvalitete. Zaradi tega izsekujemo vec napak (izpadlih grc, lukenj in odprtih razpok). Prav tako so ti furnirji daljši in ko izsekamo napako izsekamo precej dolg kos furnirja.

Preglednica 14: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz parjene bukove hlodovine kvalitete F na mokrih škarjah

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV	PROSTORNINA FURNIRJA PRED KROJENJEM	PROSTORNINA FURNIRJA PO KROJENJU	ODPADEK	
	m	m ³	m ³	m ³	%
21.02.2005	2,58	45,780	40,445	5,335	11,66
22.02.2005	2,12	37,150	34,095	3,055	8,22
23.02.2005	2,42	19,630	17,617	2,013	10,24
25.02.2005	2,58	46,540	41,009	5,531	11,89
02.03.2005	2,58	29,380	26,614	2,766	9,11
SKUPAJ		178,480	159,780	18,700	10,47

Preglednica 15: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz grete bukove hlodovine kvalitete F na mokrih škarjah

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV	PROSTORNINA FURNIRJA PRED KROJENJEM	PROSTORNINA FURNIRJA PO KROJENJU	ODPADEK	
	m	m ³	m ³	m ³	%
21.02.2005	2,12	25,625	23,025	2,600	10,15
22.02.2005	2,28	39,482	35,553	3,929	9,95
23.02.2005	2,58	41,350	37,269	4,081	9,87
25.02.2005	2,42	42,957	38,129	4,828	11,24
02.03.2005	2,58	20,964	18,763	2,201	10,50
SKUPAJ		170,378	152,739	17,639	10,35

Preglednica 16: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz parjene bukove hlodovine kvalitete L na mokrih škarjah

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV	PROSTORNINA FURNIRJA PRED KROJENJEM	PROSTORNINA FURNIRJA PO KROJENJU	ODPADEK	
	m	m ³	m ³	m ³	%
21.02.2005	1,62	40,090	34,580	5,510	13,74
22.02.2005	1,67	6,820	5,760	1,060	15,54
23.02.2005	1,62	24,336	21,450	2,886	11,86
25.02.2005	1,32	7,896	7,110	0,786	10,00
02.03.2005	1,32	9,129	8,190	0,939	10,29
SKUPAJ		88,271	77,090	11,181	12,67

Preglednica 17: Kolicina in delež krojenega luščenega furnirja iz grete bukove hlodovine kvalitete L na mokrih škarjah

DATUM MERITEV	DOLŽINA HLODOV	PROSTORNINA FURNIRJA PRED KROJENJEM	PROSTORNINA FURNIRJA PO KROJENJU	ODPADEK	
	m	m ³	m ³	m ³	%
21.02.2005	1,32	12,441	11,041	1,400	11,25
22.02.2005	1,32	28,989	25,497	3,492	12,05
23.02.2005	1,62	26,960	24,234	2,726	10,11
25.02.2005	1,67	20,964	18,681	2,283	10,89
02.03.2005	1,32	17,108	14,978	2,130	12,45
SKUPAJ		106,462	94,431	12,031	11,30

Preglednici 16 in 17 nam prikazujeta odpadek pri razrezu furnirja iz hlodovine kvalitete L, ki je namenjena za luščenje furnirjev za notranje sloje plošč. Odpadek iz naših meritev je znašal pri parjenih hlodih 12,67 % pri gretih hlodih pa 11,30 %. Ti furnirji so precej krajši in imajo lahko veliko več napak, ki jih pri krojenju dovolimo z nastavitvijo računalnika.

Po krojenju furnir odlagamo na več odlagalnih mest glede na dimenzije. Navadno imamo nastavljene palete za cele liste, polovice in tretjine. Eno odlagalno mesto je namenjeno za furnir, ki ga izsekajo škarje med posameznimi napakami vendar so kosi furnirja preozki, da bi šli na odlagalna mesta, zato jih ročno odložimo na posebno odlagalno mesto.



Slika 16: Trakovi za transport furnirja od mokrih škarij do odlagalnih mest

4.5 SUŠENJE FURNIRJA

Sušenje furnirja je druga najvažnejša faza izdelave luščenega furnirja. Sušenje furnirja poteka v valjčni pretocni sušilnici, v našem primeru je to trietažna sušilnica. Sušenje furnirja poteka pod zelo ostrimi pogoji za les, zato so tudi napake na furnirju zelo pogoste. Ker so listi mokrega furnirja široki do 3 m, so skrcki zelo veliki. Zaradi tega les popusti na šibkih mestih in pojavijo se razpoke. Razpoke so še posebej intenzivne v juvenilnem lesu, kjer se večkrat zgodi, da celotni list furnirja razpoka po celi površini.

Poleg razpok, ki se pojavljajo pri sušenju je problem tudi gubanje in zvijanje furnirja. Zvijanje furnirja je najbolj intenzivno zaradi grc in tenzijskega lesa. Ti dve napaki v lesu povzročata zelo intenzivna zvijanja in gubanja v aksialni in tangencialni smeri.

Meritve skrcka furnirja v tangencialni, radialni in vzdolžni smeri nam prikazujeta preglednici 18. in 19. Vzdolžna smer predstavlja vedno dolžino furnirja, radialna smer predstavlja debelino furnirja, tangencialna smer pa širino furnirja. Skrcek, ki smo ga izmerili v vzdolžni smeri znaša 0,02 %. Ta je tako majhen, da ga pri nastavitvi luščilke, ko na njej nastavljamo dolžino furnirja sploh ne upoštevamo, ampak nastavimo dolžino furnirja že na končno dolžino. Skrcek v radialni smeri, ki smo ga izmerili, kot debelino furnirja pa je znašal 2,52 %. Ta skrcek pa moramo upoštevati pri nastavitvi luščilnega stroja. V Novolesu se je pokazalo, da pri vsaki nazivni debelini furnirja od 1,5 mm do 2,5 mm dodajo 5 stotink debelinske nadmere zaradi krcenja furnirja. Največji skrcek pa predstavlja tangencialna smer, širina furnirja in je pri naših meritvah znašal za parjen furnir 10,03 %, za greti furnir pa 10,24 %. Ta skrcek moramo upoštevati pri nastavitvah mokrih škarij. Tudi tukaj se je pokazalo, da v Novolesu na mokrih škarijah dodajajo na nazivno (suho) širino furnirja 10 % nadmere.

Preglednica 18: Meritve skrckov parjenega furnirja po dolžini, širini in debelini

ZAP.ŠT.	MOKRI FURNIR (mm)			SUHI FURNIR (mm)			% KRCENJA		
	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.
1	2600	1450	2,25	2599	1310	2,20	0,04	10,69	2,27
2	2280	1455	1,65	2280	1320	1,61	0,00	10,23	2,48
3	2600	1890	1,65	2600	1720	1,60	0,00	9,88	3,12
4	1320	2860	2,25	1320	2580	2,21	0,00	10,85	1,81
5	2280	1445	2,25	2280	1330	2,20	0,00	8,65	2,27
6	2600	1880	1,65	2599	1730	1,61	0,04	8,67	2,48
7	2280	1885	1,65	2279	1720	1,60	0,04	9,59	3,12
8	1320	2870	2,25	1319	2590	2,20	0,07	10,81	2,27
9	1720	2880	2,25	1720	2580	2,20	0,00	11,63	2,27
10	2600	1880	1,65	2600	1720	1,60	0,00	9,30	3,12
SKUPAJ							0,02	10,03	2,52

Preglednica 19: Meritve skrcikov gretga furnirja po dolžini, širini in debelini

ZAP.ŠT.	MOKRI FURNIR (mm)			SUHI FURNIR (mm)			% KRCENJA		
	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.	DOLŽ.	ŠIR.	DEB.
1	1720	2850	2,25	2720	2580	2,20	0,00	10,47	2,27
2	2280	1455	1,65	2280	1320	1,61	0,00	10,23	2,48
3	1320	2890	1,65	2320	2590	1,60	0,00	10,38	3,12
4	1320	2860	2,25	1320	2580	2,21	0,00	10,86	1,81
5	2280	1445	2,25	2280	1330	2,20	0,00	8,65	2,27
6	2600	1880	1,65	2599	1730	1,61	0,04	8,67	2,48
7	2280	1885	1,65	2279	1720	1,60	0,04	9,59	3,12
8	1320	2870	2,25	1319	2590	2,20	0,07	10,81	2,27
9	1720	2880	2,25	1720	2580	2,20	0,00	11,63	2,27
10	1320	2880	1,65	1320	2585	1,60	0,00	11,14	3,12
SKUPAJ							0,02	10,24	2,52

Pogoji sušenja:

Zaceta vlažnost furnirja: 70 – 80 %

Cas sušenja: za debelino furnirja 1,65 mm = 3,5 min

Za debelino furnirja 2,25 mm = 5,2 min

Pomik furnirja skozi sušilnico za debelino furnirja 1,65 mm = 3,5m/min

za debelino furnirja 2,25 mm = 2,6 m/min

Končna vlažnost furnirja: 9 %

Pri fazi sušenja se nam izkoristek ne poslabša zaradi izmeta. Ves posušen furnir se nam je skrcil skupno za 12,57 % za parjen furnir in za 12,78 % za greti furnir, kar pomeni, da ga imamo na izhodu toliko manj, kot na vhodu. Vse napake, ki so v furnirju, tudi tiste, ki so se pojavile med sušenjem, ostanejo, jih ne izlocimo, saj po sušenju furnir še kondicioniramo in ga še enkrat pregledamo. Med kondicioniranjem se vlaga v furnirju enakomerno porazdeli, saj je takoj po sušenju na celotnem listu furnirja vlaga zelo neenakomerno porazdeljena. Razlike v posameznih mestih na listih furnirja so tudi do 5 %. V fazi kondicioniranja furnir, ki je zložen na paletah še obtežimo in ga na ta način zlikamo, poravnamo gube. Kondicioniranje traja 1-2 dni.

Kvaliteta sušenja furnirja je pomembna zaradi predpisane enakomerne vlažnosti in čim manj napak pri sušenju. Pomembni parametri sušenja so klima sušenja, casi sušenja, vstopna in izstopna vlažnost. Vse te pogoje moramo med sabo uskladiti, da dobimo najboljše rezultate, tu pa so že pomembne izkušnje delavcev, ki delajo na tej fazi obdelave luščenega furnirja.

4.6 KROJENJE SUHEGA FURNIRJA

Krojenje suhega furnirja izvajamo zato, da izlocimo napake, ki so se pojavile med sušenjem ali pa tiste napake, ki jih nismo izlocili med krojenjem na mokrih škarjah takoj po luščenju.

Krojenje suhega furnirja izvajamo na dveh različnih furnirskih škarjah. Na prvih, racunalniško vodenih furnirskih škarjah paralelno obrežemo furnir in izsekujemo napake, ki jih zaznajo optični instrumenti. Te škarje so podobne, kot mokre škarje, ki krojijo moker furnir po luščenju. Na teh škarjah zato izlocimo le optične napake - odprte razpoke, luknje in izpadle grce. Ta razkrojen furnir je namenjen za spajanje in spojen le za srednje sloje vezanih plošč.

Na drugih furnirskih škarjah je krojenje ročno, delavke po lastni presoji izlocajo napake na furnirju. Na teh škarjah krojimo le furnirje za zunanje sloje vezanih plošč. Ti furnirji morajo biti kvalitetno brezhibni, brez napak, izpadlih grc in lukenj, biti morajo barvno usklajeni, brez obarvane jedrovine, piravosti ali okužbe z bakterijami. Osnova za krojenje teh furnirskih listov, ki so namenjeni za zunanje površinske sloje so Evropski standardi klasifikacije vezanih plošč po izgledu zunanjih površin SIST EN 635-1 splošni del in SIST EN 635-2 vezan les.

V analizi smo izmerili furnir pred krojenjem, določili vzroke, da smo določeni furnir izrezali in izmerili kolicino furnirja po krojenju.

Za srednje sloje plošč so namenjeni hlodi kvalitete L za zunanje sloje pa hlod kvalitete F, tako parjeni kot greti, zato smo tako poimenovali tudi furnirje.

Pri krojenju furnirjev kvalitete F za zunanje sloje nastalo 5,2 % odpadka, pri furnirju kvalitete I. pa 9,24 % odpadka. Iz teh podatkov vidimo, da so furnirji kvalitete F boljši od furnirjev kvalitete I. in jih je zato potrebno manj obrezovati. Pri furnirjih kvalitete F pogosto liste le paralelno obrežemo, da jih pripravimo za spajanje. Poleg tega lahko furnirje kvalitete F, ki niso dovolj kvalitetni za zunanje sloje, saj se na njih pojavlja prevec razpok, lahko nameni za srednje sloje plošč (vzdolžne sredice) in jih ni smiselno razsekati v ozke pasove jim izlocimo razpoke in jih potem ponovno spajati za zunanje liste. Prav tako je tukaj pomembno poznavanje Evropskih standardov SIST EN 635-2, ki predpisujejo koliko spojev ima lahko posamezni zunanji sloj furnirja, da spada vezana plošča v določen kakovostni razred. Višji in s tem tudi bolje placani razredi so brez spojev, ali največ enim na eni strani plošče.

Preglednica 20: Kolicina in delež krojenja suhega furnirja

KVALITETA FURNIRJA	FURNIR ZA OBREZ (m ³)	FURNIR ZA OBREZ (%)	ODPADEK (m ³)	ODPADEK (%)
F (parjeno)	101,445	27,90	5,265	5,19
F (greto)	95,584	26,29	4,980	5,21
SKUPAJ F	197,029	54,19	10,245	5,20
L (parjeno)	84,286	23,18	7,788	9,24
L (greto)	82,324	22,63	7,615	9,25
SKUPAJ L	166,610	45,81	15,403	9,24
SKUPAJ F in L	363,639	100,00	25,648	7,05

Poleg tega pa smo ugotavljali tudi koliko posušenega furnirja gre na obrez na suhe škarje. Ugotovili smo, da smo v času meritev posušili 712,379 m³ furnirja. Od tega ga je šlo na obrez le 363,639 m³, kar predstavlja 51,05 % kolicine. Ostala kolicina furnirja je bila namenjena takoj za kondicioniranje in uporabo. Za obrez je bilo namenjene le 48,95 % kolicine posušenega furnirja. Od te kolicine pa je bil večji delež furnirja F kvalitete in sicer 54,18 %. To pomeni, da imamo s furnirji kvalitete F več dela, če hocemo izdelati kvalitetne vezane plošče.



Slika 17: Škarje za suh furnir »MULLER-FORST«

5 RAZPRAVA

Poraba bukve hlodovine, posebno kvalitetne je vse večja, njena ponudba na trgu pa ostaja enaka ali se celo manjša. Zaradi tega je zelo pomembno, da so izkoristki ceim višji. Cene bukove hlodovine narekuje trg in ta bo po pričakovanju naraščala.

Prevzeta hlodovina mora pred prvo fazo obdelave odležati, da se umirijo notranje napetosti. V našem primeru se velikokrat zgodi, da hlodovino takoj, ko jo pripeljemo od dobaviteljev damo v parilne jame. Pri hidrotermicni obdelavi se nato hitro sproščajo notranje napetosti in pojavijo večje celne razpoke. Napetosti v hlodovini se zmanjšajo z "pocivanjem" hlodovine. Manjše so pri krajših kosih hlodovine. Zato bi predlagal, da bi hlode pred toplotno obdelavo razžagali na dolžino jih očistili skorje in umazanije (peska in blata) in šele nato dali v parilne jame. Med fazo hidrotermicne obdelave skorja in umazanija odpadata od hlodovine, in se nabirata na dnu parilnih jam. Zaradi tega je poraba toplotne energije, potrebne za gretje hlodov vedno večja, pa tudi čiščenje parilnih jam vzame zelo veliko casa. Odpadke, ki se nabirajo v parilnih jamah odvaža komunalno podjetje na posebno deponijo. Če bi hlodovino očistili pred toplotno obdelavo, bi lahko skorjo kurili v parnih kotlih, parilne jame bi bile ciste.

**PREVZEM BUKOVE HLODOVINE PO KVALITETI
ZA OBDOBJE OD LETA 2000 DO LETA 2004**

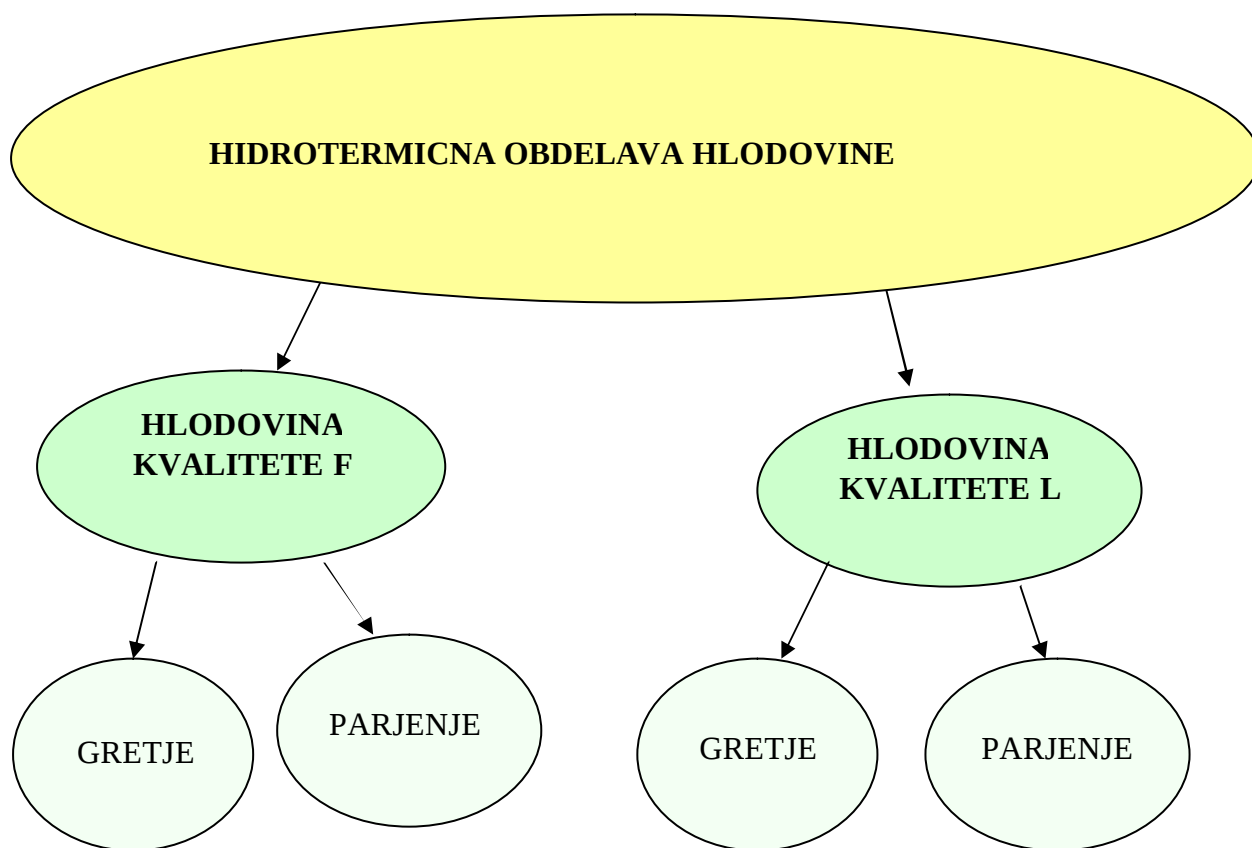
KVALITETA F 22%

KVALITETA L 57%

OSTALE KVALITETE I,II,III 21%

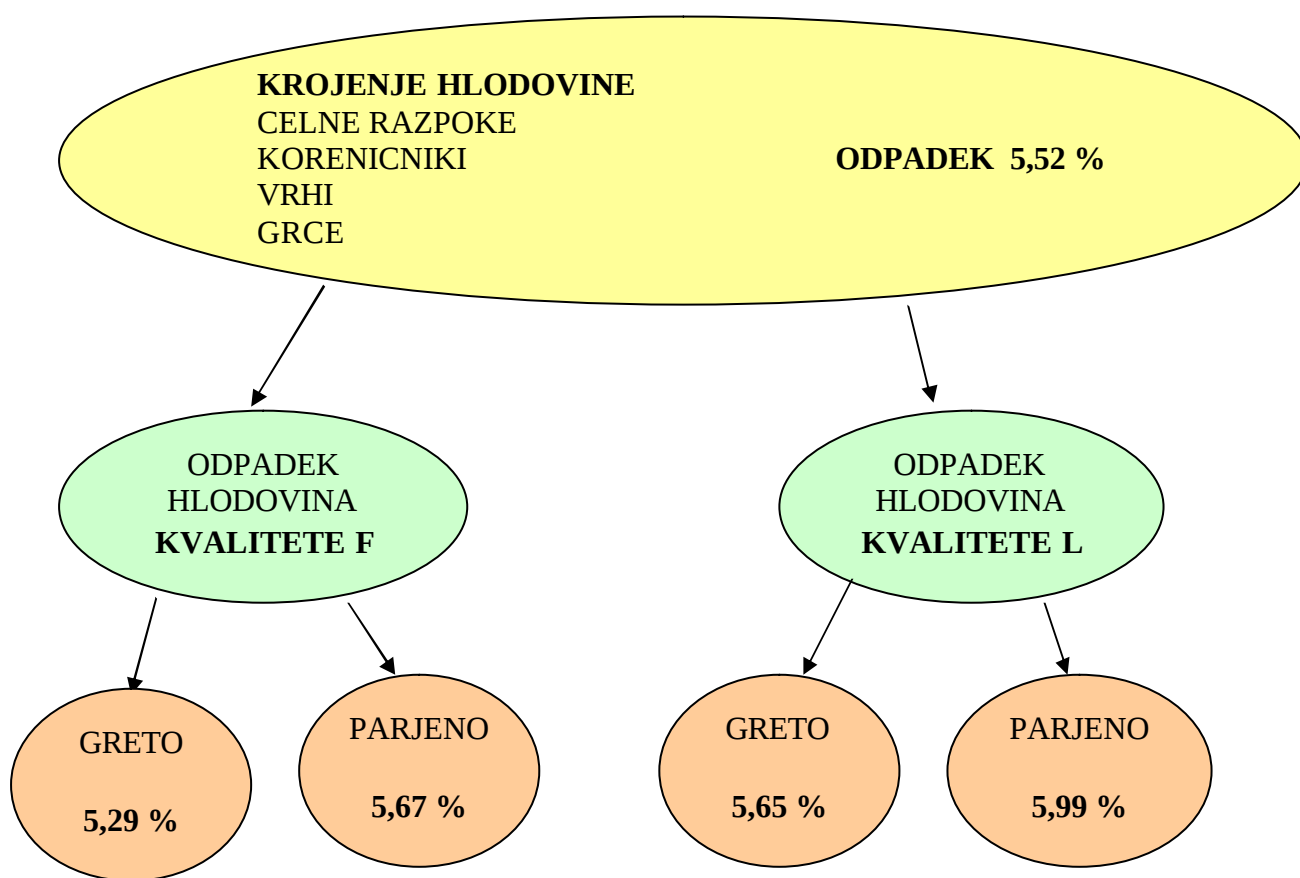
NEUSTREZNA KVALITETA: REKLAMACIJE IN VRACILO
HLODOVINE DOBAVITELJEM

Slika 18: Miselni vzorec prevzema hlodovine



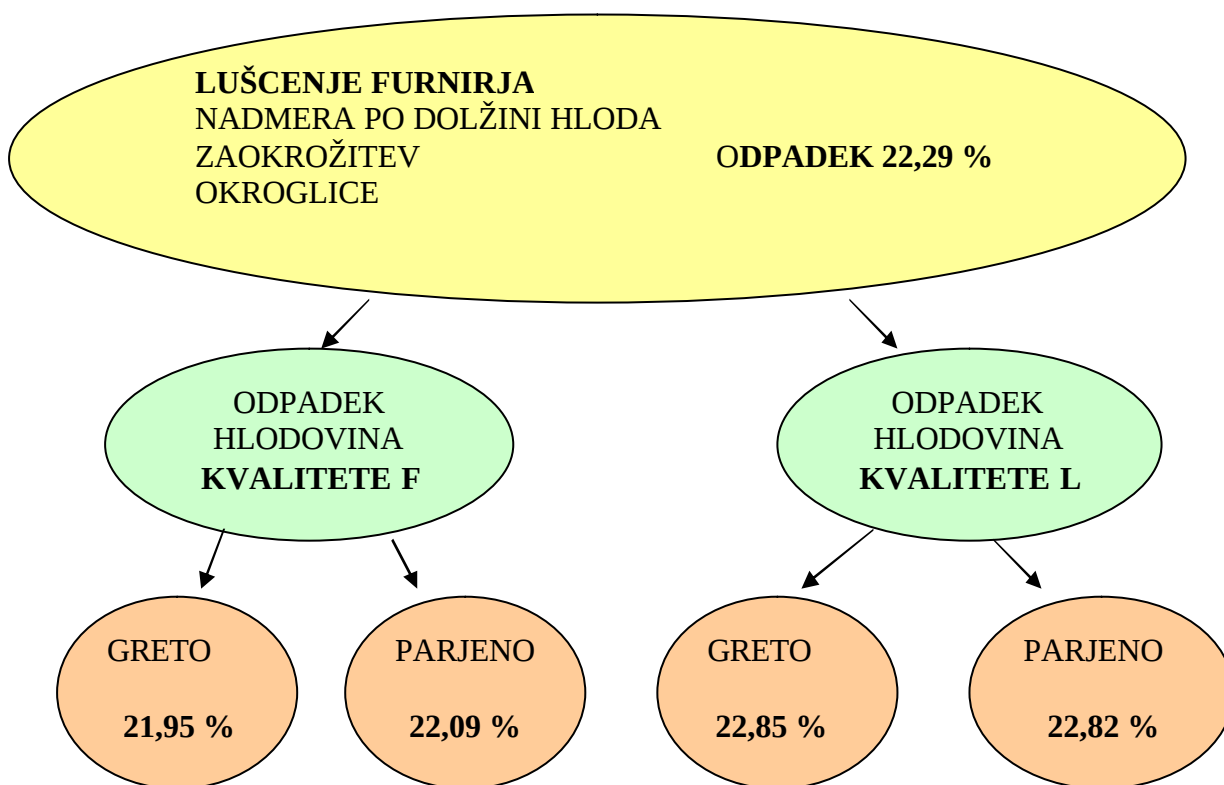
Slika 19: Miselni vzorec hidrotermicne obdelave hlodovine

Napake, ki jih izžagujemo na fazi krojenja so v glavnem celne razpoke, ki so posledica sprostitve notranjih napetosti in toplotne obdelave. Krojenje hlodovine ima zelo velik vpliv na izkoristek, saj je na krojenju kar 5,52 % odpadkov od vse hlodovine, ki jo predelamo letno. 5,52 % znaša 1200 m³ hlodovine s ceno 25.000,00 SIT/m³, kar znese 30.000.000 SIT (obstaja racunalniški programi, ki pomagajo delavcu krojilcu, da kar najbolj optimalno izkoristi hlod). Obstojeci »rocni« nacin krojenja je zelo subjektiven, odvisen je od presoje delavca, ki dela na tem delovnem mestu. Nimamo nobenega pripomočka, da bi mu pomagali ali ga kontrolirali pri njegovem delu. Zato predlagam, da se na tem delovnem mestu nabavi racunalnik s programom krojenja, ki bo pomagal delavcu optimalno razkrojiti hlod.



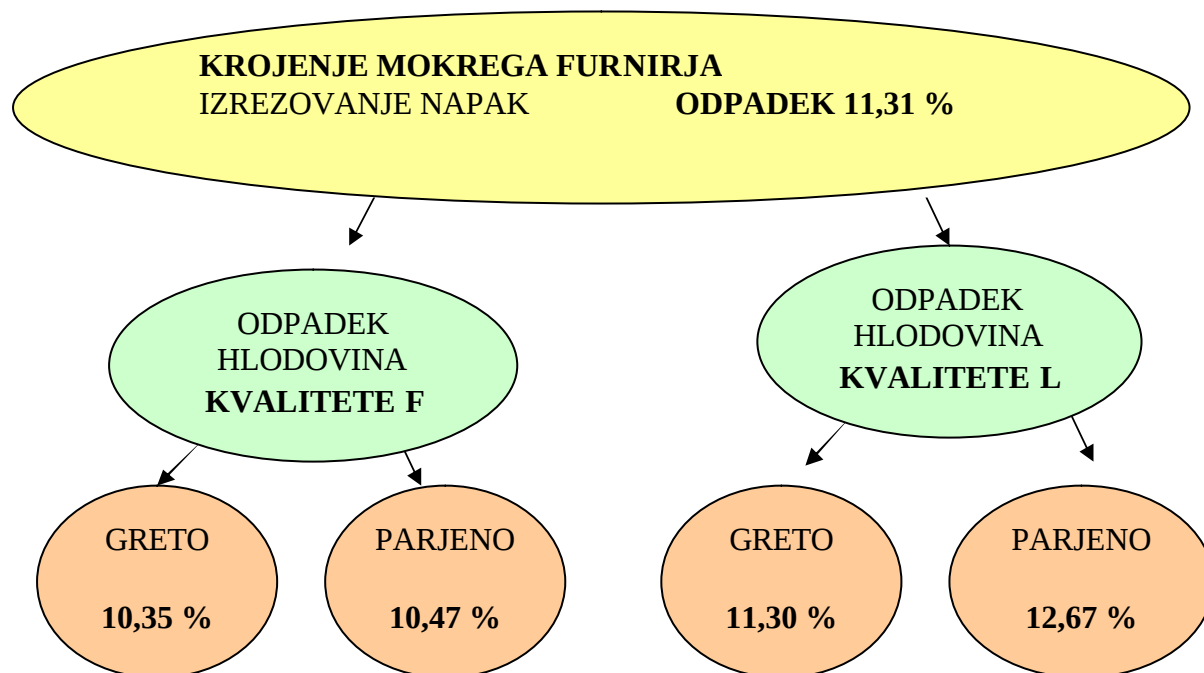
Slika 20: Miselni vzorec krojenja hlodovine

Pri luščenju furnirja se pojavlja največji odpad. Kljub temu, da je linija za luščenje furnirja tehnološko sodobna se na tem mestu pojavlja kar 22,29 % odpadek. Največji odpadek predstavlja zaokrožitev hlodov na zacetku luščenja (%) in nadmera v dolžini hloda. Ovalnost, žlebovitost ali nepravilna oblika hlodov je problem, ki ga mora poznati nabavna služba in prevzemalci hlodov. Kajti čim bolj so okrogli hlodi tem večji je izkoristek. Prav tako so pomembni premeri hlodov, ki morajo biti čim večji, saj je premer okroglic (ostankov luščenja) v povprečju 12 cm in je izkoristek boljši čim večji so premeri hlodov.



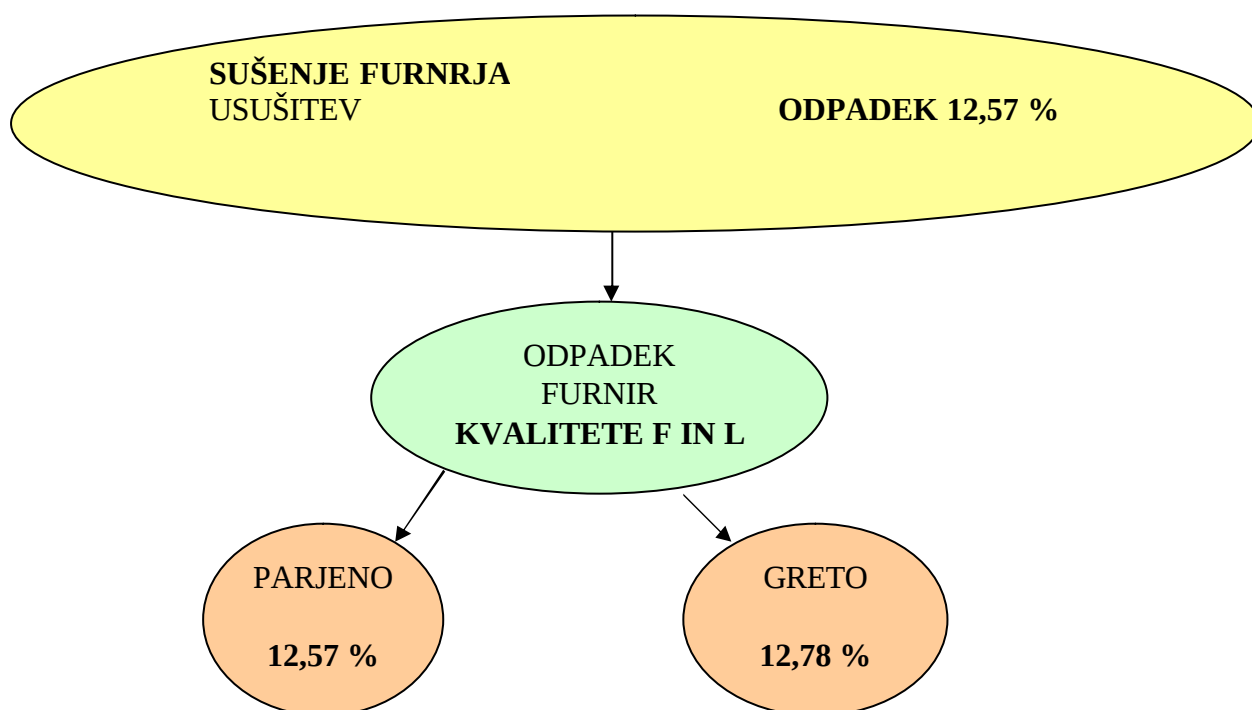
Slika 21: Miselni vzorec luščenja furnirja

Krojenje mokrega luščenega furnirja izvajamo na racunalniško vodenih optičnih mokrih škarjah in odpadek znaša 11,31 %. Škarje so programirane na kvaliteto furnirja ali na napake, ki naj jih izlocijo, zato na tem delovnem mestu v celoti ni subjektivnih dejavnikov, ki bi vplivali na izkoristek ali kvaliteto furnirja.



Slika 22: Miselni vzorec krojenja mokrega furnirja

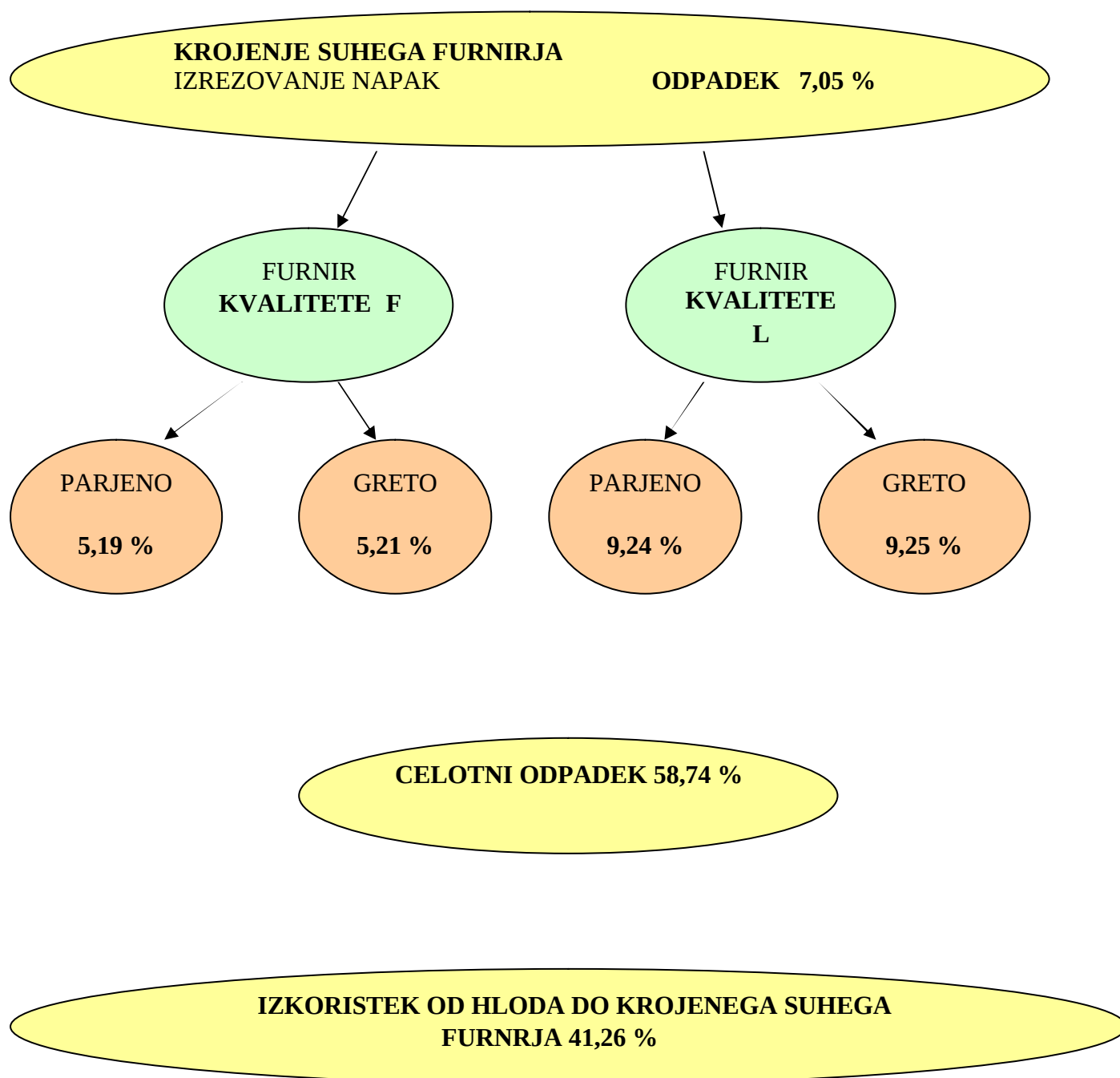
Sušenje furnirja poteka avtomatsko z avtomatskim reguliranjem izstopne vlažnosti furnirja. Vendar kljub temu na tem delovnem mestu nastajajo napake. Najvec je razpok in zvitosti furnirja, ki so posledica notranjih napetosti v furnirju, ki se med fazo sušenja še bolj poudarijo. Te napake, razpoke, bi lahko zmanjšali, ce bi na mokrih škarjah krojili ožje furnirje, vendar pa bi se kasneje pojavilo vec dela zaradi spajanja furnirjev v furnirske liste določenih dimenzij.



Slika 23: Miselni vzorec sušenja furnirja

Krojenje suhega furnirja poteka na dveh strojih furnirskih škarjah. Ene so namenjene za obrez furnirjev za srednje sloje plošč in so vodene preko skenerja z računalnikom. Pri njih je enak postopek, kot pri mokrih škarjah, saj je izoristek odvisen le od nastavitve kriterijev v računalniku, kakšne napake naj izsekamo.

Škarje, ki so namenjene za obrez furnirja za zunanje sloje plošč pa so vodene ročno in delavke same presojajo, kako bodo razkrojile furnir. Tukaj je prisoten subjektivni faktor, saj lahko vsak po svoji oceni razreže furnir, kljub temu, da se mora držati standardov ali naročil kupcev furnirja ali plošč.



Slika 24: Miselni vzorec krojenja suhega furnirja, celotnega odpadka in izkoristka

6 SKLEPI

Pregled podatkov o prevzemu bukove hlodovine na skladišču surovin in razvrščanje v kvalitetne razrede je pokazal, da se kvaliteta hlodovine v zadnjih petih letih nekoliko poslabšuje. Pri tem nismo mogli ugotoviti ali so kriteriji prevzema hlodovine enaki ali pa so postali bolj ohlapni v dobro dobaviteljev. Zaradi izrazito sezonskega značaja dobave bukove hlodovine, ki jo dobavljajo pretežno v jesenskih, zimskih in spomladanskih mesecih, kriteriji ob prevzemu v času pomanjkanja, to je v poletnih mesecih, niso tako strogi, kot v času ko je hlodovine dovolj. Tega se dobro zavedajo dobavitelji zato v času pomanjkanja hlodovine slabšo kvaliteto klasificirajo za boljšo. Kvaliteta in kolicina dobavljene hlodovine je pogojena tudi s ceno. Dobavitelji običajno enkrat letno zvišujejo ceno hlodovine. Če na to ceno ne pristanemo, ustavijo dobave. Ker surovino nujno potrebujemo se zaradi tega ob prevzemu namenoma spregleda kakšno napako.

Rezultati meritev odcelkov, ki nastajajo pri krojenju hlodovine kažejo, da se največji izmet pojavi zaradi celnih razpok, ki nastanejo predvsem zaradi sprostitve notranjih napetosti v hlodovini. Del s celno razpoko odstranijo, tako da se hlod ustrezno skrajša. Poskus je pokazal, da bi bilo mogoče izmet z ustreznijim krojenjem zmanjšati. Predlagam, da se na tem delovnem mestu uvede racunalniško krojenje hlodovine, ki bo vsaj delno zmanjšal subjektivni faktor. Racunalnik bi s posebnim programom iz podatkov o dimenzijah hlodovine izracunal najboljše možne kombinacije krojenja.

Pri luščenju furnirja, kot najpomembnejši v celoti racunalniško vodeni fazi izdelave furnirja, se je izkazalo, da je največji izmet zaradi zaokrožitve hlodov, zaradi ostankov od luščenja in zaradi dolžinske nadmere krojenih hlodov. Problem izgube ob zaokrožitvi bi se dalo odpraviti tako, da bi luščili cimbolj ravno in centricno hlodovino. Pri luščenju je potrebno doseči cim manjše ostanke od luščenja (okroglice) z uporabo cim manjših vpenjalnih celjosti na luščilnem stroju. Zmanjšati bi morali nadmero v dolžini nakrojenih hlodov.

Pri krojenju furnirja na mokrih škarjah, ki poteka avtomatsko preko optičnih citalnikov in vnaprej vnesenih racunalniških parametrov (velikost lukenj, razpok, poškodb) se je izkazalo, da optični citalniki zaznajo le napake, ki jih je mogoče presvetliti (luknje, razpoke in poškodbe) ne zaznajo pa napak v barvi ali teksturi lesa. Pomembno je, da pravilno nastavimo kriterije krojenja v racunalniških parametrih za različne uporabe furnirja. Pri furnirjih, ki se uporabljajo za zunanje sloje plošč nastavimo bolj ostre kriterije parametrov (niso dovoljene nobene optične napake), pri furnirjih za srednje sloje pa milejše (dovoljene so večje luknje, razpoke, poškodbe). Problem napak, ki se ne presvetlijo (zdrave grce, razlike v barvi, piravost) rešujemo na krojenju na suhih škarjah, ko je furnir že posušen.

Pri sušenju furnirja na valjcnem pretocnem sušilniku, ki je racunalniško vodeno, se je izkazalo, da je volumsko krcenje furnirja znašalo 12,57 %, kar je v mejah pričakovanega. Kvaliteta posušenega furnirja močno odraža kakovost surovine, saj napake zaradi notranjih napetosti, tenzijskega lesa in grc v procesu sušenja povzročajo gubanje, zvijanje in pokanje furnirja. Racunalniško vodenje sušilnika nam pomaga, da dosežemo pravilno končno vlažnost furnirja, ki znaša 8 %, ne pomaga pa pri odpravi napak odvisnih od vrojenih lastnosti lesa.

Krojenje suhega furnirja je odvisno od namena uporabe. Furnirji za zunanje sloje so izdelani iz kavalitetnejše hlodovine, vendar se pri krojenju furnirja na mokrih škarjah izlocijo samo optične napake. Napake, ki jih senzorji ne zaznajo (piravost, razlika v barvi, zdrave grce) jih izlocimo na teh škarjah.

Pri furnirjih za notranji sloj so kvalitetne zahteve milejše, zato je tudi na tej operaciji izmet manjši, kot pri zunanjih listih. Pri teh furnirjih se izlocijo le vecje razpoke, ki so se povecale zaradi sušenja.

7 POVZETEK

Kljub novim tehnologijam in uspešnemu zniževanju stroškov dela in izmeta v proizvodnji furnirja, vezanih plošč in slojastega lesa, je bukov les s svojimim specifičnimi lastnostmi še vedno ključnega pomena za kakovosten luščen furnir. Nanj med drugim vplivajo tudi rastne napake v samem lesu in napake pri izdelavi furnirja.

Bukov les oz. bukov luščen furnir predstavljata glavno surovino za proizvodnjo furnirnih plošč in slojastega lesa v firmi Novoles d.d., tovarni vezanih plošč v Straži, kjer sem zaposlen. Od rastnih napak v lesu imajo največji vpliv na kvaliteto furnirja neenakomerna barva lesa, grce in tenzijski les. Neenakomerno barvo skušamo zmanjšati s parjenjem bukovih hlodov. Kadar trg zahteva svetel furnir, pa tak način izenacevanja barve ni sprejemljiv. Tenzijski les pri luščenju nacelema ne povzroča težav, znano pa je da je njegova površina praviloma volnata in da se pri sušenju v aksialni smeri bistveno bolj krči kot normalno lesno tkivo. Grce imajo zaradi svoje specifične strukture in drugačne orientiranosti kot okoliško tkivo, negativen vpliv na kvaliteto luščenega furnirja. Prisotnost tenzijskega lesa in grc pogosto botruje zvijanju furnirja in vezanih plošč narejenih iz takega furnirja.

Izkoristek je odvisen od različnih faz, zato smo v nalogi raziskali:

- Prezem bukove hlodovine na skladišču surovin in razvrščanje v kvalitetne razrede,
- Vpliv kvalitetnih dejavnikov na izkroistke pri krojenju hlodovine,
- Vpliv kvalitete lesa na izkoristke pri luščenju furnirja,
- Vpliv kvalitete lesa na izkoristke pri krojenju na mokrih škarjah,
- Vpliv kvalitete lesa na izgube pri sušenju furnirja,
- Vpliv kvalitete lesa na izkoristke pri krojenju suhega furnirja.

Ugotovitve naloge lahko strnemo v naslednje:

Pregled podatkov o prevzemu bukove hlodovine na skladišču surovin in razvrščanje v kvalitetne razrede je pokazal, da se kvaliteta hlodovine v zadnjih petih letih nekoliko poslabšuje. Pri tem nismo mogli ugotoviti ali so kriteriji prevzema hlodovine enaki ali pa so postali bolj ohlapni v dobro dobaviteljev. Zaradi izrazito sezonskega značaja dobave bukove hlodovine, ki jo dobavljajo pretežno v jesenskih, zimskih in spomladanskih mesecih, kriteriji ob prevzemu v času pomanjkanja, to je v poletnih mesecih, niso tako strogi, kot v času ko je hlodovine dovolj. Tega se dobro zavedajo dobavitelji zato v času pomanjkanja hlodovine slabšo kvaliteto klasificirajo za boljšo. Kvaliteta in kolicina dobavljene hlodovine je pogojena tudi s ceno. Dobavitelji običajno vsako leto zvišajo ceno hlodovine. Če kupec na novo ceno ne pristane, ustavijo dobave. Ker kupec surovino nujno potrebuje se zaradi tega ob prevzemu namenoma spregleda kakšno napako.

Rezultati meritev odelkov, ki nastajajo pri krojenju hlodovine kažejo, da se največji izmet pojavi zaradi celnih razpok, ki nastanejo predvsem zaradi sprostitve notranjih napetosti v hlodovini. Del s celno razpoko odstranijo, tako da se hlod ustrezno skrajša. Poskus je pokazal, da bi bilo mogoče izmet z ustreznijim krojenjem zmanjšati. Predlagam, da se na tem delovnem mestu uvede računalniško krojenje hlodovine, ki bo vsaj delno zmanjšal subjektivni faktor. Računalnik bi s posebnim programom iz podatkov o dimenzijah hlodovine izračunal najboljše možne kombinacije krojenja.

Pri luščenju furnirja, kot najpomembnejši v celoti racunalniško vodeni fazi izdelave furnirja, se je izkazalo, da je največji izmet zaradi zaokrožitve hlodov, zaradi ostankov od luščenja in zaradi dolžinske nadmere krojenih hlodov. Problem izgube ob zaokrožitvi bi se dalo odpraviti tako, da bi luščili cimbolj ravno in centricno hlodovino. Pri luščenju je potrebno doseči cim manjše ostanke od luščenja (okroglice) z uporabo cim manjših vpenjalnih celjusti na lušcilnem stroju. Zmanjšati bi morali nadmero v dolžini nakrojenih hlodov.

Pri krojenju furnirja na mokrih škarjah, ki poteka avtomatsko preko optičnih citalnikov in vnaprej vnesenih racunalniških parametrov (velikost lukenj, razpok, poškodb) se je izkazalo, da optični citalniki zaznajo le napake, ki jih je mogoče presvetliti (luknje, razpoke in poškodbe) ne zaznajo pa napak v barvi ali teksturi lesa. Pomembno je, da pravilno nastavimo kriterije krojenja v racunalniških parametrih za različne uporabe furnirja. Pri furnirjih, ki se uporabljajo za zunanje sloje plošč nastavimo bolj ostre kriterije parametrov (niso dovoljene nobene optične napake), pri furnirjih za srednje sloje pa milejše (dovoljene so večje luknje, razpoke, poškodbe). Problem napak, ki se ne presvetlijo (zdrave grce, razlike v barvi, piravost) rešujemo na krojenju na suhih škarjah, ko je furnir že posušen.

Pri sušenju furnirja na valjcnem pretocnem sušilniku, ki je racunalniško vodeno, se je izkazalo, da je volumsko krcenje furnirja znašalo 12,57 %, kar je v mejah pričakovanega. Kvaliteta posušenega furnirja močno odraža kavaliteto surovine, saj napake zaradi notranjih napetosti, tenzijskega lesa in grc v procesu sušenja povzročajo gubanje, zvijanje in pokanje furnirja. Racunalniško vodenje sušilnika nam pomaga, da dosežemo pravilno končno vlažnost furnirja, ki znaša 8 %, ne pomaga pa pri odpravi napak odvisnih od vrojenih lastnosti lesa.

Krojenje suhega furnirja je odvisno od namena uporabe. Furnirji za zunanje sloje so izdelani iz kavalitetnejše hlodovine, vendar se pri krojenju furnirja na mokrih škarjah izlocijo samo optične napake. Napake, ki jih senzorji ne zaznajo (piravost, razlika v barvi, zdrave grce) jih izlocimo na teh škarjah.

Pri furnirjih za notranji sloj so kvalitetne zahteve milejše, zato je tudi na tej operaciji izmet manjši, kot pri zunanjih listih. Pri teh furnirjih se izlocijo le večje razpoke, ki so se povečale zaradi sušenja.

8 VIRI

- Cufar K. 2001. Opisi lesnih vrst. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 54 str.
- Cufar K. 2002. Anatomija lesa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 123 str.
- Gornik-Bucar D. 2000. Furnir-namen, proizvodnja in uporaba. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 106 str.
- Torelli N. 1990. Les in skorja – slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 71 str.
- NS.13.01.01, Hlodi bukve za luščenje-interni standard. 1995: 5 str.
- EVROPSKI STANDARD EN 635-1. 1994. Klasifikacija vezanih plošč po izgledu zunanjih površin, splošno: 7 str.
- EVROPSKI STANDARD EN 635-2, 1995. Klasifikacija vezanih plošč po izgledu zunanjih površin, trdi lesovi: 8 str.