

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marjan KREN

**PREPREČEVANJE OBARVANJA BUKOVINE PRI
POSTOPKU SUŠENJA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

DISCOLORATION OF BEECH WOOD DURING DRYING

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na katedri za tehnologijo lesa, Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Željka Goriška, za recenzentko pa prof. dr. Katarino Čufar.

Mentor: prof. dr. Željko Gorišek

Recenzentka: prof. dr. Katarina Čufar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Marjan Kren

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*847.275
KG	les/evropska bukev/ <i>Fagus silvatica</i> L./sušenje/kakovost sušenja/obarvanje
AV	KREN, Marjan
SA	GORIŠEK, Željko (mentor)/ČUFAR, Katarina (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2006
IN	PREPREČEVANJE OBARVANJA BUKOVINE PRI POSTOPKU SUŠENJA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XI, 42 str., 11 pregl., 17 sl., 50 pril., 41 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	Veliko krčenje bukovine je pogost vzrok nastalim razpokam in razvrednotenju lesa v postopku sušenja. Vse pogostejše se pojavlja nezaželeno obarvanje lesa. V realnih industrijskih pogojih smo na 7 šaržah preverili vpliv modificiranih sušilnih programov in tehnologije na kakovost osušenega lesa z vidika mehanskih poškodb in obarvanja. Prisotnost mehanskih sušilnih napak je bila v povprečju vseh šarž približno 7 %, kar je primerljivo s sušenjem s standardnimi programi; obarvanje pa se je zmanjšalo v povprečju iz 20 % na 5 %. Najboljše rezultate smo dosegli s hitrim sušenjem svežega lesa pri nizkih temperaturah. Na hitrost in enakomernost sušenja smo vplivali tudi s pravilno pripravo zložajev in ustreznim polnjenjem sušilnih komor. Elementi so se sušili hitreje, manj obarvali in razpokali. S povečanjem površine izhlapevanja na žaganih elementih smo dosegli do 40 % višje sušilne hitrosti ob primerni kakovosti sušenja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*847.275

CX wood/European beech/*Fagus silvatica* L./drying/drying quality/discoloration

AU KREN, Marjan

AA GORIŠEK, Željko (supervisor)/ČUFAR, Katarina (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 DISCOLORATION OF BEECH WOOD DURING DRYING

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO XI, 42 p., 11 tab., 17 fig., 50 ann., 41 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Great shrinking of beech wood often causes ruptures, and therefore wood devaluation during the process of drying. Uneven discolorations of the wood appear often. On 7 loads, the influence of modified kiln schedules, and technology impact on dried wood quality, regarding mechanical damages and discoloration, were studied in real industrial conditions. The presence of mechanical drying defects of all the loads on average was about 7 %, comparable to the drying using standard programmes; discoloration on average diminished from 20 % to 5 %. The best results were acquired by quick drying of moist wood at low temperatures. The correct stickering and adequate kiln loading have their impact on duration and more stable drying. Wood elements dried more quickly, there was less discoloration and less ruptures. By increasing the evaporation surface of sawn elements for up to 40 % the drying rate were acquired at suitable drying quality.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOKUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
1.1 POSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2 HIPOTEZE	1
1.3 CILJI NALOGE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 BARVA LESA	3
2.2 OBARVANJA LESA	3
2.2.1 Barvne spremembe v procesu ojedritve	3
2.2.1.1 Značilnosti procesa ojedritve	4
2.2.2 Diskoloracija lesa v živem drevesu	4
2.2.2.1 Značilnosti in vplivni dejavniki na pojav diskoloriranega lesa	5
2.2.2.2 Primerjava kemijskih sestavin pri bukvi z in brez diskoloriranega lesa	5
2.2.3 Obarvanje po poseku in skladiščenju lesa	6
2.2.3.1 Obarvanje lesa zaradi fizioloških reakcij	6
2.2.3.2 Obarvanje lesa zaradi mikroorganizmov	6
2.2.4 Obarvanje v tehnoloških procesih	8
2.2.4.1 Oksidativna obarvanja lesa	8
2.2.4.2 Obarvanje lesa zaradi hidrolize lesnih snovi	9
2.2.4.3 Obarvanje lesa zaradi specifičnih kemijskih reakcij	9
2.2.4.4 Vloge encimov pri obarvanju lesa	9
2.3 PREPREČEVANJE OBARVANJA LESA	10
2.3.1 Preprečevanje obarvanja zaradi mikroorganizmov	10
2.3.2 Preprečevanje obarvanja lesa v tehnoloških procesih	11
3 MATERIALI IN METODE	12

	str.
3.1 MATERIAL	12
3.3.1 Izbira bukovina	12
3.2 POSTOPKI	12
3.2.1 Priprava zložajev za polnjenje sušilnice	12
3.2.2 Sušenje v normalno temperaturni konvekcijskih sušilnih komorah	13
3.3 METODE	13
3.3.1 Programiranje sušilnega postopka	13
3.3.2 Spremljanje sušilnega postopka	16
3.3.2.1 Lesna vlažnost in vlažnostni gradient	16
3.3.3 Vizualno ocenjevanje barve	17
3.3.4 Vizualno ocenjevanje napak sušenja	18
4 REZULTATI	19
4.1 PRIPRAVA ZLOŽAJEV IN ZAPOLNJENOST SUŠILNIH KOMOR	19
4.2 KINETIKA SUŠENJA	20
4.3 OCENA KAKOVOSTI SUŠENJA	27
4.3.1 Ocena napak sušenja	27
4.3.2 Ocena obarvanja med postopkom sušenja	28
4.3.3 Vlažnostni gradient	31
5 RAZPRAVA	33
5.1 SUŠENJE BUKOVINE	33
6 SKLEPI	36
7 POVZETEK.....	37
8 VIRI	39
9 ZAHVALA	
10 PRILOGE	

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Razporeditev sond za spremljanje lesne vlažnosti v sušilni komori A pri šarži 4.	16
Slika 2: Odvzemanje vzorcev bukovine (<i>Fagus sylvatica</i> L.) za določanje povprečne vlažnosti, vlažnostnega gradienta, notranjih napetosti in spremembe barve	17
Slika 3: Sušilne krivulje (šarža 1) bukovih desk debeline 32 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 1. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)	20
Slika 4: Sušilne krivulje (šarža 2) bukovih desk debeline 32 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 3. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)	21
Slika 5: Sušilne krivulje (šarža 3) bukovih desk debeline 38 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 4. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)	21
Slika 6: Sušilne krivulje (šarža 4) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 5. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)	23
Slika 7: Sušilne krivulje (šarža 5) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 2-površina, MC 3-sredica, POV. MC-povprečje 5 merilnih mest)	23
Slika 8: Sušilne krivulje (šarža 6) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 4-sredica, MC 6-površina, MC-povprečje 5 merilnih mest)	24
Slika 9: Sušilne krivulje (šarža 7) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 2-površina, MC 3-sredica, MC-povprečje 5 merilnih mest)	25
Slika 10: Sušilne krivulje bukovih decimiranih elementov debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 5-sredina kon. kosa X, MC 6-sredina kon. kosa Y)	26
Slika 11: Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1 (šarža 6). Stolpec 1 levo ($u_{35\%}$, $u_{25\%}$, $u_{15\%}$), stolpec 2 desno ($u_{ZAČ.}$, $u_{30\%}$, $u_{20\%}$) in vzorec spodaj ($u_{KON.}$).	29
Slika 12: Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7). Stolpec 1 levo ($u_{ZAČ.}$), stolpec 6 skrajno desno ($u_{KON.}$).	29
Slika 13: Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega dec. elementa X (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{24\%}$), stolpec 2 ($u_{19\%}$), stolpec 3 ($u_{13\%}$) in stolpec 4 skrajno desno ($u_{KON.}$).	30
Slika 14: Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske Z (šarža 5) na sedmih intervalih sušenja.	31
Slika 15: Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa Y (iz šarže 7)	32
Slika 16: Povprečne sušilne hitrosti v območju vlažnosti od $u_{ZAČ.}$ do u_{TNCS} , od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ in od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pri vseh šaržah	33
Slika 17: Delež desk z mehanskimi napakami sušenja in napak obarvanja po posameznih šaržah.	34

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Preučevanje sušenja bukovine po šaržah	12
Preglednica 2: Primerjava tehničnih karakteristik obeh testnih sušilnih komor	13
Preglednica 3: Standardni režim sušenja bukovih desk debeline 50 mm po navodilih proizvajalca	14
Preglednica 4: Predlagani spremenjeni režim sušenja bukovih desk debeline 50 mm	14
Preglednica 5: Standardni režim sušenja bukovih desk debeline 25-38 mm po navodilih proizvajalca	15
Preglednica 6: Predlagani spremenjeni režim sušenja bukovih desk debeline 25 – 38 mm	15
Preglednica 7: Neto prostornina sušечеge se lesa po posameznih šaržah, vrsti komore, debelini žaganega lesa, čas sušenja, začetna in končna vlažnost	19
Preglednica 8: Sušilne hitrosti v treh vlažnostnih območjih po posameznih šaržah ...	22
Preglednica 9: Delež desk z mehanskimi napakami, z obarvanjem in brez suš.napak	27
Preglednica 10: Obarvanje (površine, sredine) desk v treh območjih vlažnosti po posameznih šaržah	28
Preglednica 11: Povprečne vrednosti gradientov vlažnosti v treh območjih vlažnosti pri šaržah 5, 6, 7 in 7 (a)	31

KAZALO PRILOG

- Priloga A.1 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 1
Priloga A.2 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 2
Priloga A.3 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 3
Priloga A.4 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 4
Priloga A.5 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 5
Priloga A.6 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 6
Priloga A.7 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 7
Priloga B.1 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 1
Priloga B.2 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 2
Priloga B.3 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 3
Priloga B.4 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 4
Priloga B.5 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 5
Priloga B.6 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 6
Priloga B.7 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 7
Priloga B.8 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju dec. elem. (šarža 7 a)
Priloga B.9 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosih pri dosušit. dec. elem. (šarža 7 a)
Priloga C.1 Izmerjena površina in volumen testiranega zložaja desk buk. 50 mm
Priloga C.2 Izmerjena površina in volumen decimiranih elementov (buk. 50 mm)
Priloga D.1 Povprečne vlažnosti in vla. gradient pri vzorčnih deskah X, Y in Z (šarža 5)
Priloga D.2 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri vzorčnih deskah 1 in 2 (šarža 6)
Priloga D.3 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri vzorčnih desk. X, Y in Z (šarža 7)
Priloga D.4 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri dec.elementih X in Y (šarža 7 a)
Priloga E.1 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 1) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC} . do u_{25} %), B (u_{20} % do u_{15} %) in C (u_{KON}).
Priloga E.2 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 2) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC} .), B (u_{TNCS} do u_{20} %) in C (u_{15} % do u_{KON} .).
Priloga E.3 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 3) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC} .), B (u_{TNCS} do u_{20} %) in C (u_{15} % do u_{KON} .).
Priloga E.4 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 4) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC} .), B (u_{TNCS} do u_{20} %) in C (u_{15} % do u_{KON} .).
Priloga E.5 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske X (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.
Priloga E.6 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.
Priloga E.7 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.
Priloga E.8 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1 (šarža 6) v sedmih območjih vlažnosti.
Priloga E.9 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 2 (šarža 6) v sedmih območjih vlažnosti.
Priloga E.10 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1 (šarža 6). Stolpec 1 levo (u_{ZAC} .), stolpec 7 skrajno desno (u_{KON} .).
Priloga E.11 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 2 (šarža 6). Stolpec 1 levo (u_{ZAC} .), stolpec 7 skrajno desno (u_{KON} .).

- Priloga E.12 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7). Stolpec 1 levo (u_{ZAC}), stolpec 6 skrajno desno (u_{KON}).
- Priloga E.13 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 7). Stolpec 1 levo (u_{ZAC}), stolpec 6 skrajno desno (u_{KON}).
- Priloga E.14 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske X (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.
- Priloga E.15 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.
- Priloga E.16 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.
- Priloga E.17 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega decimiranega elementa X (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{25\%}$), stolpec 4 skrajno desno (u_{KON}).
- Priloga E.18 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega decimiranega elementa Y (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{25\%}$), stolpec 4 skrajno desno (u_{KON}).
- Priloga E.19 Odrezki za ocenjevanje barve iz decimiranega elementa X v štirih območjih vlažnosti.
- Priloga F.1 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske X (šarža 5) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.2 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske Y (šarža 5) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.3 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske 1 (šarža 6) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.4 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske 2 (šarža 6) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.5 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske X (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.6 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske Y (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.7 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske Z (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.
- Priloga F.8 Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa X (iz šarže 7)
- Priloga F.9 Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa Y (iz šarže 7)

1 UVOD

1.1 POSTAVITEV PROBLEMA

Sušenje bukovine je problematično z vidika visoke gostote lesa in otiljenja trahej, ki je pogosto v rdečem srcu in bistveno zmanjšuje tako permeabilnost kot tudi difuzivnost. Veliko krčenje bukovine je pogosto glavni vzrok nastalim razpokam med postopkom sušenja. Veliko težav je tudi z obarvanjem lesa med sušenjem.

Pod pojmom barva lesa običajno mislimo na naravno barvo posušenega lesa, oz. barvo jedrovine pri drevesnih vrsta, ki imajo obarvano jedrovino. S strani naših odjemalcev decimiranih elementov narašča povpraševanje po svetlih lesnih vrstah, kar pomeni da, morebitno obarvanje lesa povzroči kakovostno razvrednotenje materiala, ki je povezano z reklamacijo izdelkov, dodatnimi stroški ter materialno škodo.

Obarvanja zaradi biotskih činiteljev nastajajo predvsem na svežem lesu in jih lahko hitro opazimo ter tako preprečimo njihov večji učinek, medtem ko so bolj problematična abiotska obarvanja, ki so posledica neustreznega izvajanja sušilnega postopka.

Biotska obarvanja nastajajo na začetku sušenja. Vzroki so lahko kolonije bakterij, glive plesnivke in glive, ki povzročajo obarvanje beljave pri čemer sega barvni spekter od sive preko prevladujočih modrih do črnih ali blago rumenih do rjavih odtenkov.

Abiotska obarvanja pa ločimo na tista, ki so posledica nestrokovnega sušenja ali pa so posledica napak na sušilnih napravah, ter jih z ustreznimi ukrepi obvladujemo; druga obarvanja pa so posledica najrazličnejših kemijskih reakcij in jih preprečujemo le s pazljivo izbranimi sušilnimi programi.

1.2 HIPOTEZE

Predvidevamo, da s pravilnim postopkom izvajanja ustreznih mer zaščite že od samega poseka hlodovine lahko bistveno omejimo ali celo preprečimo nastanek obarvanja, ki se najpogosteje pojavijo predvsem med postopkom sušenja. Z ustreznim izvajanjem sušenja in prilagoditvijo standardnih programov specifičnim zahtevam bi bila intenzivnost in pogostost obarvanja bukovine manjša.

1.3 CILJI NALOGE

V delu namenjam osnovno pozornost pojavu nezaželenih abiotskih barvnih sprememb pred in med postopkom sušenja žaganega lesa evropske bukve (*Fagus sylvatica* L.). Cilji študije je razjasniti, kako na nastanek in razvoj diskoloracij vplivajo:

- a) osnovni sušilni parametri: temperatura, sušilna hitrost, lesna vlažnost in čas sušenja,
- b) priprave zložajev (oblike in debeline distančnih letvic),
- c) debelina sušenih sortimentov,
- d) aerodinamika sušilne komore in hitrost gibanja zraka skozi zložaj in
- e) sušenje žaganega lesa v primerjavi s sušenjem decimiranih elementov

ter na osnovi rezultatov predlagati optimiranje sušilnih programov z vidika preprečevanja abiotskega obarvanja.

Glede na ugotovljene kritične dejavnike bomo predlagali ustrezen tehnološki postopek izvajanja celotnega sušilnega procesa, ki bi moral zagotoviti popolno preprečitev obarvanja tanjših sortimentov ter bistveno omejiti razširjenost pri debelejših. Popolna izključitev obarvanja verjetno ne bo možna, kajti v procesu obarvanja nastopi veliko dejavnikov, ki pa se jim v praksi ni mogoče popolnoma izogniti ali pa so neugotovljivi (čas sečnje, trajanje dobave hlodovine in žaganega lesa, vremenske razmere...).

2 SPLOŠNI DEL

2.1 BARVA LESA

Barva in tekstura dajeta lesu posebno estetsko vrednost. Barva lesa je kljub njenemu velikemu pomenu v proizvodnji pohištva, notranje opreme in izdelkov za dekorativne namene, relativno slabo raziskana, še posebej v primerjavi z mehanskimi lastnosti lesa.

Naravna barva je specifična za posamezno drevesno vrsto. Na variabilnost barve lesa vplivajo v veliki meri rastiščni pogoji drevesa (PHELPS s sod., 1983; WILKINS in STAMP, 1990) in genetski dejavniki (RINK IN PHELPS, 1989).

2.2 OBARVANJE LESA

ZABEL s sod., (1992) pojmuje »obarvanje lesa« kot razvoj neobičajnih vzorcev barv in področji, ki imajo nanj predvsem neugoden kakovosten in vrednosten vpliv. Na barvo lesa vpliva medsebojno delovanje njegovih kemijskih sestavin in svetlobe, diskoloracija oz. barvne spremembe pa so lahko posledica fizioloških in genetskih dejavnikov, s tem ko lesne komponente prihajajo v stik s svetlobo, zrakom, toploto, kemikalijami in živimi organizmi. Prve spremembe barve lesa se lahko pojavijo v še živečem, rastočem drevesu, med dvema značilnima sekundarnima pojavoma:

- proces ojedritve in
- pojav diskoloriranega lesa.

Po poseku drevesa nastajajo diskoloracije v nadaljnjih tehnoloških postopkih (skladiščenje hlodovine in žaganega lesa, sušenje, hidrotermične obdelave, površinske obdelave, ...) in na številnih področjih uporabe. ZIMMERMANN (1974) in GORIŠEK (1995) delita obarvanja po izvoru na tista, ki jih povzročajo:

- abiotski dejavniki (temperatura, prisotnost vlage in plinov ter z njimi povezani klimatski pogoji, svetloba, ...) in
- biotski dejavniki (razne bakterije, nekaj vrst gliv in insektov).

BAUCH (1986) ugotavlja, da so za obarvanje lesa odgovorne predvsem biokemične in kemične reakcije. Pri preučevanju obarvanja je nujno indetificirati tiste fiziološke procese, ki povzročajo obarvanje v še živečem drevesu in druge, ki so posledica kemične reakcije med procesom parjenja ali sušenja.

V rastočih drevesih obarvanje nastane zaradi poškodb vej in korenin (NEČESANÝ, 1969; TORELLI, 1979)

2.2.1 Barvne spremembe v procesu ojedritve

Vsa drevesa imajo beljavo, ojedritev pa je starostni pojav povezan s staranjem in programiranim odmiranjem parehinskih celic v beljavi. Ojedritev, ali vsaj njeni zametki, slejkoprej 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 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.

Tipični naši rodovi z jedrovino so npr. *Pinus*, *Larix*, *Quercus*, *Ulmus* in *Robinia*. Rodovi, ki ne tvorijo jedrovine pač pa diskoloriran les so: *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* in *Fraxinus*.

Makroskopske barvne razlike med beljavo in jedrovino so pogosto v povezavi s kemijskimi in fiziološkimi spremembami v procesu ojedritve. Histološko se beljava in jedrovina ne razlikujeta, spremembe pa nastanejo v pogledu akcesornih snovi, ki so v večji količini prisotne v jedrovini (FREY-WYSSLING, 1959).

2.2.1.1 Značilnosti procesa ojedritve

Ojedritev je starostni pojav in je povezan s staranjem in odmiranjem parehimske celice v beljavi. Za drevesa je značilno odstranjevanje starejših, manj vitalnih tkiv in celic, najsi bodo to listi, veje, zunanje plasti skorje ali parehimske celice v lesu. Žive celice beljave v smeri od kambija proti strženu oz. jedrovini se fiziološko starajo in doživljajo številne spremembe. Za jedra vitalnih celic na periferiji je značilna vitka eliptična oblika, ki v smeri proti strženu postaja vse bolj okrogla. Jedra v prehodni coni izginejo in v isti smeri upada tudi respiracijska aktivnost celic. Običajne biokemijske poti presnove se prekinjajo in nastajati začnejo predhodniki jedrovinskih snovi, ekstrativov. Ekstrativi se začno kopičiti že v živih celicah v predhodni coni in nato iz parehimske celice difundirajo v sosednje tkivo in se odložijo v lumne in celične stene trahej vlaken in traheid. Za prehodno cono, ki je običajno široka nekaj branik je značilna sprememba metabolizma živih celic in otiljenje trahej in naraščajoča količina ekstrativov. Tudi NEČASANÝ (1966), ki z osmotsko vrednostjo določa vitalnost parehimske celice, zaznava postopno upadanje celične aktivnosti v centripetalni smeri pri lesnih vrstah z obligatno obarvano jedrovino. Pri lesovih, ki tvorijo le fakultativno obarvano jedrovino, pa avtor ugotavlja višjo in dokaj konstantno vitalnost živih celic, ki pa na prehodu v diskoloriran les drastično pade.

Jedrovina predstavlja notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer so parehimske celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih le-te vsebovale, npr. škrob, pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi. Pri nas so jedrovine večinoma obarvane in tedaj jih lahko imenujemo črnjava, jedrovina je lahko tudi neobarvana, tako kot pri smreki in jelki. Barvno razlikovanje beljave in jedrovine tako ni vedno mogoče. Celične stene v jedrovini so prepojene z ekstraktivi, oziroma jedrovinskimi snovmi, ki so praviloma toksični nizkomolekularni polifenoli inkustirani v celični steni. Ker se vgradijo v celično steno, prispevajo k povečani dimenzijski stabilnosti lesa ter praviloma k njegovi večji biološki odpornosti. V primerjavi z beljavo ima jedrovina v živem drevesu nižjo vlažnost in nižjo vsebnost mineralov.

2.2.2 Diskoloracije lesa v živem drevesu

Med vrstami, ki tvorijo diskoloriran les so številni difuzno porozni listavci (bukev, javor breza, topol, gaber, lipa in pojavi se tudi pri jesenu). Zanje je značilno, da sposobnost prevajanja vode, in s tem tudi vlažnost tkiva, postopno upada od periferije proti notranjosti debla. V isti smeri upada tudi vitalnost parehimske celice, ki pa lahko preživijo tudi 100 let in več, v kolikor v njihovem življenju ne pride do nenadne smrti pod vplivom zunanjega dejavnika, ki sproži nastanek diskoloriranega lesa. Diskoloriran les se v živečih, stoječih drevesih pojavlja v

različnih oblikah in vlogah, najpogosteje pa ga zasledimo v središčnih, centralnih delih debel ali debelejših vej. Med splošne značilnosti tega lesa štejemo predvsem neenakomerno otiljenje in pigmentiranost, neugledno barvo ter nepravilno obliko.

Diskoloriran les zaradi svoje središčne lege odpade v veliki meri na slabši juvenilni les, ki pa pogosto povzroča težave pri sušenju in površinski zaščiti zaradi slabe permeabilnosti.

2.2.2.1 Značilnosti in vplivni dejavniki na pojav diskoloriranega lesa

Pojav diskoloriranega lesa je ponavadi izvan proces s strani okoljskih dejavnikov (npr. globoke zmrzali, vdor zraka, encimska aktivnost gliv), ki se samo stopnjuje z zunanjimi, vidnimi poškodbami drevja. Tudi pri bukvi se v smeri od kambija proti strženu manjša sposobnost prevajanja vode, vlažnost tkiva in vitalnost parehmskih celic. Notranje, bolj suhe plasti lesa imenujemo zrela sredica ali sušina, ki jo je po poseku drevesa mogoče prepoznati kot svetlejšo cono. Sušina je izrazita pri starejših drevesih z velikim premerom in kratko krošnjo. Na območju sušine se v lumnih parehmskih celic kopičijo predhodnice jedrovinskih snovi, večinoma fenoli. V kolikor pride do večjih mehanskih poškodb drevesa, npr. odloma večje veje, ta omogoči vdor kisika na območje sušine, kar sproži proces oksidacije, kondenzacije in polimerizacije in zmanjšanje topnosti predhodnic jedrovinskih snovi (BOSSHARD, 1965, 1967 in 1974; KUČERA, 1971; BAUCH, 1980). Ti procesi sprožijo naglo smrt parehmskih celic, stik jedrovinskih snovi in encimov pa sproži encimatsko oksidativno obarvanje. Nastanek in oblika diskoloriranega lesa določijo tudi individualne značilnosti drevesa, kot so starost, premer, količina odmrlih vej, rastiščni pogoji ali npr. dolžina krošnje (RACZ s sod., 1961; NEČASANY, 1969; TORELLI, 1984 in KOCH s sod., 2000)

ZYCHA (1948) pogojuje nastanek in razvoj rdečega srca pri bukvi s počasnim sušenjem lesa v živem drevesu, kot kritično mejo pa predstavlja 60 % lesno vlažnost. Namreč pri tej vlažnosti naj v lesu ne bi bila več prisotna prosta voda (kapilarna voda), pač pa le še v živih tkivih osmotsko vezana voda. Izostanek diskoloracij pri višjih vlažnostih avtor povezuje s preprečenim vdorom kisika v lesno strukturo zaradi tam prisotne vode.

Skupina avtorjev ugotavlja, da na razvoj in nastanek obarvanja jedrovine vpliva razmerje plini-voda v lesu, ki ob ugodnih pogojih pozitivno vpliva na vitalnost parehmskih celic in hkrati zavirujoče na nastanek diskoloracij (JAROSCHENKO, 1935; BOSSHARD, 1965; SACHHSEE, 1965, 1967; TORELLI, 1974). Nastanek diskoloriranega lesa ni odvisen od sezone, temveč od časa ranitve. Če je drevo poškodovano večkrat zaporedoma, se tvorijo večkratna obarvanja, sam diskoloriran les pa ne reagira na ponovno ranitev, medtem ko jedrovina reagira. Vlažnost v diskoloriranem lesu pogosto naraste. Vsebnost mineralnih snovi je večje kot v beljavi.

2.2.2.2 Primerjava kemijskih sestavin pri bukvi z in brez diskoloriranega lesa

Vsebnost celuloze in ekstrativnih snovi je nižja pri bukovini s prisotnostjo diskoloriranega lesa, prav tako je na območju diskoloriranega lesa višja vsebnost pepela kot pri beljavi. Nobene razlike ni pri vsebnosti lignina. Prav tako ni najdenih posebnih razlik v koncentraciji mikro elementov (K, Mg, Al, Mn, Mo, Zn, Cu, S, N) toda vrednost kalcija je bila večja in vrednost fosforja je bila nižja pri diskolorirani jedrovini (ALBERT s sod., 1998a). Ugotovljena

je bila nižja vrednost rudninskih snovi pri diskolorirani jedrovini, vrednost pH je višja kot pri beljavi (ALBERT s sod., 1998b). Povprečna pH vrednost je pri beljavi 5,48 in pri diskolorirani jedrovini 5,86.

Podobne ugotovitve v svojih raziskavah navaja SEELING (1991). ALBERT s sod. (1999b) ugotavlja da se vsebnost jedrovinskih (fenolnih) snovi zunaj območja sušine zmanjšuje, kar nakazuje na soodvisnost formiranja jedrovine in diskoloriranega lesa.

2.2.3 Obarvanje po poseku in pri skladiščenju lesa

Za nastanek obarvanj lesa takoj po poseku, pri skladiščenju hlodovine, žaganega lesa ali furnirja, in na sveže žganih (odprtih) lesenih površinah je odgovornih več dejavnikov, nekateri med njimi pa povzročajo diskoloracije že v živem drevesu. Mednje uvrščamo predvsem kisik oz. mešanico zračnih plinov ter prisotnost živih organizmov kot so npr. glive in bakterije.

2.2.3.1 Obarvanje lesa zaradi fizioloških reakcij

Fiziološke reakcije živih parehimskih celic so odgovorne za nastanek obarvanja na svežih površinah bukovine med skladiščenjem lesa najmanj še nekaj tednov po poseku. Intenzivnost barve zavisi od vlažnosti lesa, časa ko je les izpostavljen na zraku in od temperature med sušenjem (ZYCHA, 1952)

DIETRICH (1964) in KOCH s sod. (2000) ugotavljajo, da je z vdorom kisika izvan stres, ki vzbudi proces otiljenja, hkrati pa omogoči razgradnjo rezervnih ogljikovih hidratov in škroba ter sintezo akcesornih snovi. Otiljenje je aktiven fiziološki proces in predstavlja vraščanje živih parehimskih celic v lumne izpraznjenih trahej, s katerimi znatno zmanjšamo permeabilnost lesnega tkiva (KOLLMANN s sod., 1951). V primeru ko se sečnja izvaja v sezoni rasti je otiljenje prisotno tudi v mlajših prirastnih plaščih.

Skupina avtorjev (STRAŽE, 2000) ugotavljajo, da se lahko v izjemnih primerih pojavlja obarvanje zunanjih površin tudi po razžagovanju in sušenju bukovine. Ta obarvanja pa temeljijo na oksidaciji fenolnih snovi v odmrlih parehimskih celicah, iz katerih zaradi transporta in izhlapevanja vode pri sušenju lesa difundirajo v okoliško tkivo ter potujejo proti njegovim zunanjim površinam. Takšne pojave lahko srečamo pri potapljanju hlodovine, kjer se vskladiščene snovi v vakuolah še živečih parehimskih celic med sušenjem transportirajo na površino, in pri interakciji s kisikom iz zraka formirajo obarvane polifenolne spojine (HÖSTER, 1974).

2.2.3.2 Obarvanje lesa zaradi mikroorganizmov

Pri skladiščenju sveže hlodovine in žaganega lesa prihaja na površinah pogosto do okužbe z mikroorganizmi. Mednje prištevamo zlasti plesni, nepravne glive (*Ascomycotina*) in bakterije. V primeru nestrokovnega skladiščenja lahko pride do okužb s pravimi glivami razkrojevalkami (*Basidiomycotina*) in kasneje do pojava tvorb. ZABEL s sod. (1992) ugotavlja, da s spreminjanjem in razgradnjo vsebin parehimskih celic in njeno reakcijo z metabolnimi produkti gliv in bakterij povzroči spremembo barve, že po nekaj dneh. HÖSTER (1974), PEEK (1990), SELING in LEWARK (1993) ugotavljajo, da je hitra sečnja, transport in

predelava (od gozda do izdelka) bukovine, še posebej poleti pomemben prispevek k ohranjanju kakovosti lesa.

Plesni sodijo v družino nepopolnih gliv (*Deuteromycotina* oz. *Fungi imperfekti*), ki pogosto na zelo vlažnem lesu listavcev, ter na mestih z visoko zračno vlažnostjo in omejenim gibanjem zraka povzročijo barvne spremembe. Plesni na lesu iglavcev je največkrat mogoče odstraniti s krtačenjem ali brušenjem, pri listavcih pa je obarvanje pogostejše globlje in bolj trdovratno. Na površini se tvorijo do nekaj mm globoke barvne spremembe, ki so posledica kopičenja pigmentiranih spor. Za širjenje v notranjost se poslužujejo pikenjskih odprtín. LINDGREEN s sod. (1954) in SCHULZ (1956) ugotavljajo da pri širjenju skozi piknje prihaja do degradacije pikenjske membrane in s tem do izboljšanja permeabilnosti. Med pomembnejše rodove prištevamo *Asperigillus* spp. (črno obarvanje), *Fusarium* spp. (rdeče ali vijolično), *Glilocladum* spp. (zeleno), *Monilla* spp. (oranžno), *Penicillium* spp. (zeleno), *Rhizopus* spp. (črno) in *Trichoderma* spp. (zeleno) ZABEL s sod., 1992).

Kombinacija zmernih temperatur ($T=4$ do 30°C), visoke relativne zračne vlažnosti ($\phi>70\%$), ob prisotnosti nezadostnega kroženja zraka in hranilnega substrata so podani ugodni pogoji za nastanek agresivnejših nepravilnih gliv »gliv modrivk« (*Ascomycotina*). Zanje je značilno hitro širjenje v radialnem in aksialnem parehimu beljavnih delov lesa. Tvorijo pa najpogostejše z melaninsko osnovo pigmentiran micelij (modre, črne, rjave ali sive hife). Njihova prisotnost je vidna v obliki temnejših površinskih točkastih ali progastih obarvanjih, ki so rezultat pigmentiranih metabolitov hif ter gliv ter posledica reakcij z lesnimi substancami (ZINK s sod., 1988, 1989 in 1990).

Glive se v okolju najpogostejše razširjajo s sporami po zraku, nekatere (npr. iz rodov *Ophiostoma* in *Ceratocystis*) pa tudi z živlenskim ciklom lesnih insektov. Glivična obarvanja se pojavijo najprej v obliki točk in kasneje pasov zaradi nestrokovnega skladiščenja lesa pred sušenjem, med njim in po njem, ali pa zaradi prepočasnega sušenja pri zmernih temperaturah, visoki relativni zračni vlažnosti in nezadostnemu kroženju zraka, posebej še pri tesnem zlaganju pri tanjših distančnih letvicah. Infekcijske mostove tvorijo sveže odprte lesne površine, prašni delci ter ostanki žagovine (smotrno čiščenje oz. krtačenje desk po razžagovanju), okužene distančne letvice in delovna orodja. Najpogostejše se pojavljajo pri procesu skladiščenja hlodovine in sveže razžaganega lesa, kot tudi pri prvih fazah počasnega sušenja. Hitro rastoč, mrežast micelij, vzdolžno celo do 5 mm/dan, (ZABEL s sod., 1992) omogoča obsežno okuženje lesnih površin, na katerih so diskoloracije vidne že v 5 do 6 dneh. Glive modrivke z degradacijo pikenjskih membran izboljšajo permeabilnost lesa in povečajo njegovo higroskopsnost. Zaradi obarvanja zmanjšajo njegovo estetsko vrednost in s tem uporabnost, vendar na splošno ne vplivajo na trdnostne lastnosti.

Pri zelo vlažnem ali dlje časa potopljenem lesu pa prihaja do obarvanja zaradi bakterijskih okužb. Nekateri bakterije (npr. *Pseudomonas* spp.) so z metabolnimi produkti sposobne spreminjati kisel medij lesnega tkiva v alkalnega. Pri tem pa sprememba pH sproži diskoloracijo ekstraktivnih snovi v lumnu parehimskih celic do intenzivnega rdečkastorjavega odtenka. Obarvanje naj bi pri povišani pH (nad 9) povzročile komponente, topljive v vodi in katehin pri formiranju kinona, iz česar lahko sklepamo, da so pri nastanku pigmentiranih komponent vključene reakcije polimerizacije.

2.2.4 Obarvanje v tehnoloških procesih

Obarvanju med procesom sušenja in parjenja bukovine je podlaga kemična reakcija sestavin celične stene (lignina in hemiceluloz) in akcesornih snovi v lesu.

Procesna parametra kot sta temperatura in vlažnost lesa, ob prisotnosti kisika lahko vplivata na začetno reakcijo obarvanja lesa. Vdor kisika v les lahko posredno povzroči tudi druge spremembe, kot denimo manjšo mobilnost v vodi topnih snovi lesa in povečanje koncentracij na račun izhlapevanja vode. Kisik je pomemben dejavnik tudi pri pojavu fizioloških reakcij v še živih parehmskih celicah lesa.

KOLLMAN s sod. (1951), WEGENER in FENGEL (1988) ugotavljajo, da povzroči obarvanje med procesom sušenja in parjenja hidroliza hemiceluloze. Vsebnosti hemiceluloz so znižane ker se te razgradijo v monisaharide, kateri reagirajo z dušikovimi elementi v lesu. Te kemične reakcije se zgodijo pri temperaturi nad 40 °C pri lesne vlažnosti bukovine 30 do 60 %.

Vzroki nastanka obarvanj v tehnoloških procesih so kompleksni, kakor tudi njihov reakcijski mehanizem. V splošnem pa temperatura in višja vlažnost lesa, povezane s klimatskimi pogoji okolice in časom izpostavitve, privedejo do temnenja prvotne, naravne barve večine lesov.

2.2.4.1 Oksidativna obarvanja lesa

Med oksidativna obarvanja uvrščamo tista obarvanja pri katerih je za njihov razvoj nujno potreben kisik ali mešanica plinov. Kisik je lahko reaktant, ki neposredno vstopa v kemijsko reakcijo, lahko pa je le posredni dejavnik, v vlogi iniciatorja fizioloških procesov ali pa kot medij odstranjevanja vode pri izhlapevanju. V splošnem so v reakcijskih mehanizmi nastanka pigmentiranih snovi prisotni tudi encimi, zato pogosto govorimo o encimskem oksidativnem obarvanju.

Po razžagovanju lesa nekaterih listavcev (češnja, breza, jelša, bukev, hrast) se takoj pojavi rumeno do rdeče obarvanje, ki lahko sega globoko v les. Na stičnih mestih med distančno letvico in sušečim se lesom prihaja do intenzivnega obarvanja (letvična progavost). Obarvanje ima oksidativni značaj in je najverjetneje povezano z encimsko aktivnostjo peroksidaz in polifenoloksidaz pri visoki lesni vlažnosti, kot tudi s fiziološkimi reakcijami živih tkiv (KOLLMAN, 1951). Zaradi prepočasnega sušenja se pod distančnimi letvicami zbirajo fenolni ekstraktivi, ki oksidirajo v netopne polifenolne snovi. ZABEL s sod. (1992) ugotavlja, da hitrost in globina obarvanja z naraščajočo temperaturo še naraste.

Barvne spremembe se najprej pojavijo na čelih desk, v bližini grč in na meji beljave in jedrovine. Diskoloracije so značilno longitudinalno usmerjene s pogostimi vmesnimi svetlejšimi pasovi. Obarvanje pogosto prodre globoko v les in ga ni mogoče odstraniti samo s površinskim skobljanjem. Tveganje za obarvanje je bistveno manjše pri uporabi nižjih temperatur sušenja.

2.2.4.2 Obarvanja lesa zaradi hidrolize lesnih snovi

Pri bukovini se kemične reakcije hidrolize zgodijo pri temperaturi med 40 in 80 °C in vlažnosti lesa 30-60 %. Kuhanje in parjenje lesa razgrajuje tudi vodotopne snovi v lesu (sladkorji, škrob, fenolne substance) in omogoča nastanek hidroliziranih produktov ter z njimi povezanih barvnih sprememb (PLATH s sod., 1955).

Barvne spremembe pri parjenju bukovine so močno odvisni od uporabljenih pogojev. Za doseganje enakomerne rdeče barve bukovine je potrebno les pariti 24 do 48 ur. Daljše parjenje povzroča temnenje barve lesa, ne pa intenzivnejšega rdečega obarvanja. KISSELOF (1991) navaja, da se pri višjih vlažnostih doseže intenzivnejše in enakomernije obarvanje lesa. Neenakomerno obarvanje lesa v procesu parjenja pa nekateri avtorji povezujejo tudi z neenakomerno porazdelitvijo akcesornih snovi v živem drevesu (KOCH, 2000).

2.2.4.3 Obarvanje lesa zaradi specifičnih kemijskih reakcij

Obarvanje lesa lahko povzročijo tudi kemijske reakcije. Zelo pogoste so reakcije čreslovin ali drugih fenolnih snovi (katehin, taksifolin, ...), ki z železovimi ioni formirajo rjave do sivočrne barvne strukture. Intenzivnost obarvanja je v tem primeru povezana s koncentracijo ionov, vsebnostjo vlage (nad u_{TNCs}) in pH-vrednostjo lesa (KOCH, 2000).

Tako značilna kemična reakcija so črnilasti madeži, ki nastanejo na površini lesov z veliko vsebnostjo taninov (breza, češnja, kostanj, hrast), še posebej če pride svež oz. vlažen les v stik z železovimi ioni ali vodo, ki vsebuje raztopljeno železo (kapljajoča voda s toplovodnih napeljav, ...). Na izrazitost obarvanja pa vplivajo temperatura, vlažnost lesa in prisotnost kisika. S potapljanjem lesa v raztopino natrijevega karbonata obarvanje preprečimo, s skoblanjem ali oksalno kislino pa ga je mogoče odstraniti.

2.2.4.4 Vloga encimov pri obarvanju lesa

Encime uvrščamo med proteine s specifično močjo aktivacije in edinstveno sposobnostjo učinkovite pretvorbe substratov v produkte pri zmerni temperaturi in kislosti medija. Proteini so sposobni zniževati aktivacijsko energijo kemijskih reakcij, s čimer pridobijo katalitične sposobnosti. Proteini so življensko potrebni v rastlinskem in živalskem svetu, saj so skoraj vse kemične reakcije v živih organizmih rezultat encimske aktivnosti.

Raziskovalci navajajo njihovo posredno vlogo tudi pri obarvanju lesa, pri čemer mehanizmi niso povsem razjasnjeni.

Znana je neposredna prisotnost encimov v živih parehimskih celicah, kjer pa so večinoma s tonoplastom ločeni od substrata v vakuoli ter s tem inaktivirani. Združitev s substratom je možna s padcem vitalnosti oz. odmiranjem parehimskih celic, na kar pa ima velik vpliv tudi izsuševanje lesnega tkiva in vdor kisika. MCEVILY s sod., (1992) navaja, da encimi polifenoloksidaze (PFO) pri stiku s plastidi v celici pospešujejo formiranje rastlinskih pigmentov. Tako lahko PFO katalizirajo sintezo monofenolov v difenole kot tudi njihovo oksidacijo v o-kinone.

Encimske aktivnosti uravnavajo okoljski pogoji. Na njihove aktivnosti vpliva predvsem prisotnost ali odsotnost specifičnih ionov, kar se odraža s pH vrednosti medija. NAGODAWITHANA s sod. (1993) ugotavlja, da je območje delovanja PFO pri vrednosti pH od 4 do 7, tak Ph ima velika večina naših lesnih vrst.

Hitrost večine encimskih reakcij s temperaturo narašča, pri visokih temperaturah pa pride zaradi nestabilnosti encimov kot proteinov do drastičnega padca. Optimalne temperature aktivnosti PFO so med 25 in 45 °C (MACRAE s sod., 1993).

Seveda na hitrost encimskih reakcij vplivata koncentracija substrata kot tudi encimov, ki pa se spreminjata s pretečenim reakcijskem časom.

2.3 PREPREČEVANJE OBARVANJE LESA

BAUCH, (1984 in 1986) ugotavlja, da je za učinkovito preprečevanje obarvanja potrebno dobro poznavanje in razlikovanje vplivnih dejavnikov, ki na les lahko delujejo preko fizioloških, mikrobioloških, biokemičnih in kemičnih reakcij.

Hitra sečnja, transport in predelava (od gozda do izdelka) bukovine, še posebej poleti je pomemben prispevek ohranjanja kakovosti lesa (HÖSTER, 1974; PEEK, 1990; SELING in LEWARK, 1993).

2.3.1 Preprečevanje obarvanja lesa zaradi delovanja mikroorganizmov

Lahko se poslužujemo različnih metodologij omejevanja in nevtraliziranja delovanja mikroorganizmov:

- hitro izsuševanje površinskih slojev,
- sušenje celotnih sortimentov pod vlažnost nasičenja celičnih sten ali do vlažnosti biološke odpornosti lesa (pod 20 %),
- zadrževanje visokih vlažnosti lesa s škropljenjem ali potapljanjem s čimer preprečimo zadosten dostop kisika in
- uporabo kemičnih sredstev (biocidov), s katerimi preprečimo biološko infekcijo.

Metode omejevanja in preprečevanja temeljijo na spreminjanju enega izmed življenjsko potrebnih pogojev. Nekako najbolj učinkovita metoda preprečevanja je izvajanje zimske sečnje bukovine, saj milejši spomladanski in poletni vremenski pogoji nudijo ugodne razmere za aktivnost mikroorganizmov. KOCH (2000) ugotavlja, da podaljševanje sečnje, ki so posledica večjih tržnih zahtev, s sabo prinašajo tudi večje tveganje glede kakovosti pridobljenih izdelkov.

PEEK (1990) ugotavlja, da z izvajanjem zaščite s škropljenjem in potapljanjem bukove hlodovine preprečimo nastajanje površinskega obarvanj. Uspeh konzerviranja s potapljanjem zahteva hitro uskladiščenje in zadostno ter kontinuirano škropljenje lesa, s čimer se ohranja visoka lesna vlažnost (PEEK, 1990; SELING in LEWARK, 1993).

Znana je tudi nevtralizacija mikroorganizmov s termičnimi postopki, kjer se poslužujemo kratkotrajne izpostavitve lesa visokim temperaturam (100 °C).

V splošnem velja, da biotska obarvanja preprečimo lahko tudi z enakomernim in zadostnim preprihovanjem, s potapljanjem, kjer preprečimo dostop kisika ali pa s kemičnimi sredstvi, s katerimi preprečimo biološko infekcijo. Ustrezna rešitev je tudi zimska sečnja s takojšnjim spravilom lesa iz gozda, razžagovanjem in ustreznim skladiščenjem pred in po sušenju. Temperatura 25 do 35 °C je območje, ki je ugodno za nastanek biotskih obarvanj za listavce.

2.3.2 Preprečevanje obarvanja lesa v tehnoloških procesih

Konvekcijsko sušenje spada med najbolj utečene postopke sušenja lesa. EBERMANN s sod. (1987) ugotavlja, da je sušenje pri nizkih temperaturah iz svežega stanja do približno 25 % lesne vlažnosti učinkovit način preprečevanja sušilničnih obarvanj. Hitro sušenje in zmanjševanje lesne vlažnosti za preprečevanje nastanka oksidativnih obarvanj zagovarjajo tudi številni drugi avtorji (GORIŠEK, 1995).

BRUNER (1987) pa ugotavlja, da se je za zagotovitev svetle barve lesa pri kovecionalnem sušenju potrebno držati določenih pravil:

- čim krajše zadrževanje v vlažnih klimatskih pogojih,
- uporaba nizki temperatur sušenja do dosežene lesne vlažnosti med 25 in 30 % in
- postopno dvigovanje temperature v nadaljevanju sušenja do največ 50 °C ob koncu sušenja.

Eden izmed načinov preprečevanja obarvanja je tudi kratkotrajna izpostavitve visokim temperaturam (do 100 °C), s čimer nevtraliziramo delovanje polifenoloksidaz in peroksidaz (EBERMANN s sod., 1987).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

Bukovina za preučevanje obarvanja v sušilnem postopku izhaja iz širšega novomeškega in brežiško celjskega območja. Hlodovina se je pred razžagovanjem nekaj dni zadrževala na hlodišču, izbor desk za sušenje pa smo izvedli takoj po razžagovanju.

3.1.1 Izbira bukovine

Problematiko obarvanja smo preučevali na svežih bukovih deskah treh debelin 32, 38 in 50 mm, ki smo jih ločeno sušili v sedmih šaržah (preg. 1). Lesno vlažnost smo v vsaki šarži spremljali na šestih izbranih radialno orientiranih deskah. Deske so bile enakomerno razporejene po celotni sušilni komori. Na reprezentativnih deskah, ravno tako razporejenih enakomerno po celotni komori, smo kontinuirano in sukcesivno tekom celotnega sušilnega procesa spremljali še:

- vlažnostni gradient,
- povprečno vlažnost,
- notranje napetosti (vilični test) in
- spremembo barve (tanke rezine po debelini deske in odrezek iz prečne čelne površine deske).

Preglednica 1: Preučevanje sušenja bukovine po šaržah

ŠARŽA	DEB.DESK [mm]	KOMORA [tip]	KOLIČINA [m ³]
1	32	INCOMAC	73,8
2	32	INCOMAC	82,4
3	38	INCOMAC	92,7
4	50	INCOMAC	90,4
5	50	INCOMAC	92,5
6	50	SOP	49,41
7	50	SOP	50,7

3.2 POSTOPKI

3.2.1 Priprava zložajev za polnjenje sušilnice

Zložaje smo pripravili na sortirni liniji žagalnice. Deske posameznih debelin smo zložili po dolžinskih razredih, ki naraščajo od 2 m naprej po 0,5 m. Za letvičenje smo uporabili bukovne distančne letvice dimenzije 25/25 mm. Pri sedmi šarži pa smo se poslužili bukovih distančnih letvic dimenzije 32/32 mm. Pri zlaganju smo pazili na poravnano distančnih letvic, ki morajo biti po višini zložaja ena nad drugo. Zložaje smo formirali z enostransko poravnano čel, ker je v dolžinskem razredu dovoljeno do 0,5 m razlike v dolžini deske. Na neporavnani strani se pojavljajo repi, ki smo jih prav tako letvičili. Sušilna komora pogojuje število vrst po višini zložaja, tako da smo zlagali deske debeline 32 mm po 16 vrst v zložaj, debeline 38 mm po 14 vrst v zložaj in deske debeline 50 mm po 13 vrst v zložaj.

3.2.2 Sušenje v normalno temperaturnih konvekcijski sušilnih komorah

Sušenje smo primerjalno izvajali v dveh normalnotemperaturnih konvekcijskih sušilnih komorah s podobnimi tehničnimi karakteristikami (preg. 2).

Preglednica 2: Primerjava tehničnih karakteristik obeh testnih sušilnih komor

KOMORA	A	B
Proizvajalec	INCOMAC	SOP
Ogrevanje	visoko tlačna para	visoko tlačna para
Ventilatorji	aksialni	radialni
Regulacija	reverzibilni	ireverzibilni
Moč elek.mot.	32 KW (8 x 4 KW)	30 KW (10 x 3 KW)
Pretoki zraka	od 1,4 do 2,3 m/s	od 1,6 do 3,6 m/s
Vlaženje	voda (mehka) pod povišanim tlakom	kondenčna voda vbrizgana v paro
Kapaciteta	do 100 m ³	do 60 m ³

Za programiranje in vodenje sušenja smo uporabljali Incomac-ovo avtomatiko, ki s pomočjo sond za merjenje temperature, ravnovesne vlažnosti in sond za merjenje lesne vlažnosti omogoča, da na enem mestu spremljamo in spreminjamo sušilni proces. Postavitev sond za merjenje lesnih vlažnost med polnjenjem sušilnice je bilo razporejeno po vsej komori, da smo dobili dejanske podatke stanja v sušilni komori.

3.3 METODE

3.3.1 Programiranje sušilnega postopka

Predhodne izkušnje so pokazale, da programi (režimi) proizvajalca (preg. 3 in 5), ki smo jih uporabljali, niso zadostili vse večjim potrebam po sušenju bele bukovine. Zato smo se odločili za modificiranje proizvajalčevih režimov sušenja tako, da bi novi režimi omogočili sušenje tanjših bukovih desk popolnoma brez obarvanja in bistveno manjše obarvanje pri deskah debeline 50 mm (preg. 4 in 6).

Pomanjkljivost originalnih režimov proizvajalca je predvsem visoka začetna temperatura, ki že pri razmeroma visoki lesni vlažnosti hitro naraste.

Preglednica 3: Standardni program sušenja bukovih desk debeline 50 mm po navodilih proizvajalca (Thh – čas sušenja, MC – vlažnost lesa, t – temperatura, dt – sprememba temperature in EMC – ravnovesna vlažnost)

Stopnja	Thh	MC [%]	t[° C]	dt[° C]	EMC [%]	Ventilacija	Vlaženje
1			35	4,0	18	100	D
2	10		35		18	100	D
3		50	35		18	100	D
4		45	35		17	100	D
5		40	38		16	90	D
6		28	40		15	90	D
7		25	45		14	85	D
8		23	45		13	85	D
9		21	48		12	80	D
10		18	50		11	80	D
11		15	55		10	70	D
12		12	60		8	70	D
13		10	65		7	60	D
14	10		65		9	80	D
15			35	5,0		100	N

Preglednica 4: Predlagani spremenjeni program sušenja bukovih desk debeline 50 mm (Thh – čas sušenja, MC – vlažnost lesa, t – temperatura, dt – sprememba temperature in EMC – ravnovesna vlažnost)

Stopnja	Thh	MC [%]	t[° C]	dt[° C]	EMC [%]	Ventilacija	Vlaženje
1			28	4,0	17	100	N
2	10		28		17	100	N
3		50	28		17	100	N
4		45	28		16	100	N
5		40	30		16	100	N
6		28	32		15	100	N
7		25	35		13	90	N
8		21	38		12	90	N
9		18	40		10,5	80	N
10		15	45		9	70	N
11		12	50		7,5	70	N
12		10	55		6	60	N
13	10		55		8	80	D
14			35	5,0		100	N

Preglednica 5: Standardni program sušenja bukovih desk debeline 25-38 mm po navodilih proizvajalca (Thh – čas sušenja, MC – vlažnost lesa, t – temperatura, dt – sprememba temperature in EMC – ravnovesna vlažnost)

Stopnja	Thh	MC [%]	t[° C]	dt[° C]	EMC [%]	Ventilacija	Vlaženje
1			35	4,0	17	100	D
2	8		35		17	100	D
3		50	35		17	100	D
4		45	35		16	100	D
5		40	38		15	90	D
6		28	40		14	90	D
7		25	45		13	85	D
8		20	50		11	80	D
9		18	55		10	70	D
10		15	60		8	70	D
11		10	65		7	60	D
12	10		65		9	80	D
13			35	5,0		100	N

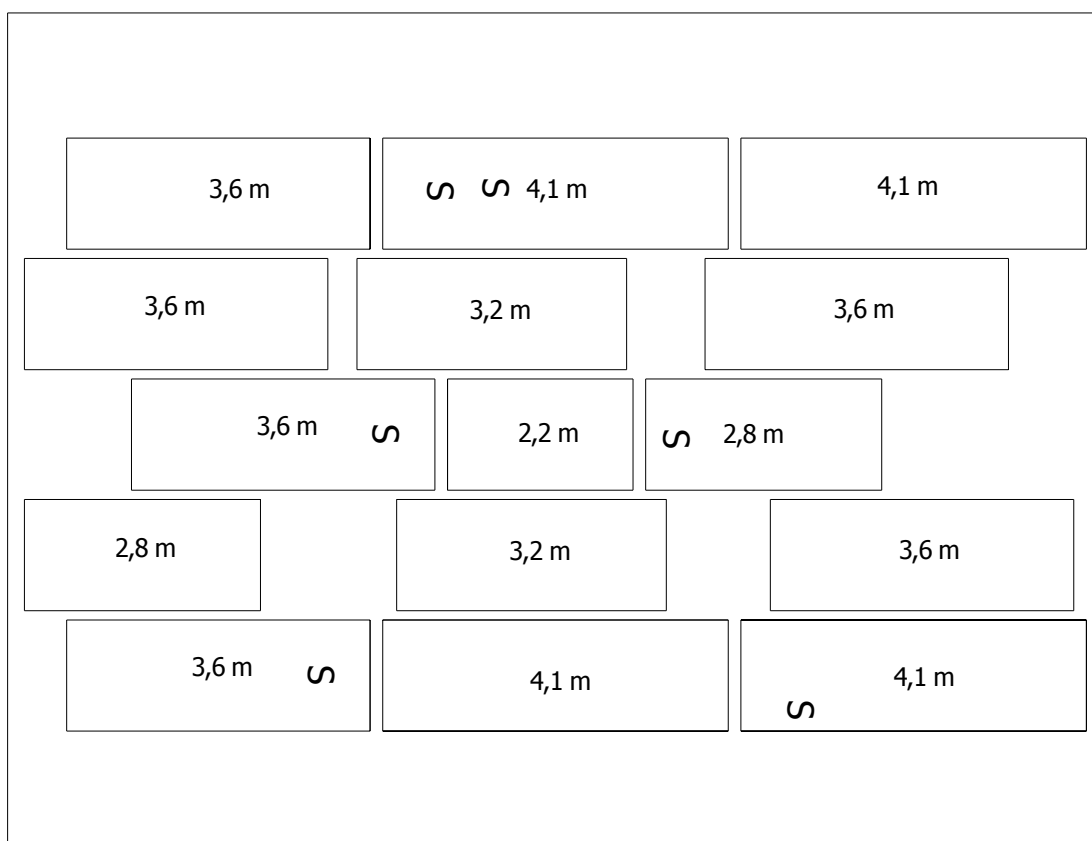
Preglednica 6: Predlagani spremenjeni režim sušenja bukovih desk debeline 25 - 38 mm (Thh – čas sušenja, MC – vlažnost lesa, t – temperatura, dt – sprememba temperature in EMC – ravnovesna vlažnost)

Stopnja	Thh	MC [%]	t[° C]	dt[° C]	EMC [%]	Ventilacija	Vlaženje
1			28	4,0	15	100	N
2	10		28		15	100	N
3		50	28		15	100	N
4		45	28		14	100	N
5		40	28		13	100	N
6		28	30		12	100	N
7		25	32		11	100	N
8		20	35		10	90	N
9		18	38		8	85	N
10		15	45		6,5	80	N
11		10	50		5	70	N
13	10		50		8	80	D
14			35	5,0		100	N

3.3.2 Spremljanje sušilnega postopka

3.3.2.1 Lesna vlažnost in vlažnostni gradient

Med polnjenjem komore smo po celotni višini prvega zložaja postavili šest sond za odčitavanje lesne vlažnosti, pri čemer smo v eni deski postavili dve sonde (sl. 1), da smo lahko spremljali vlažnost sredine deske (sonde do 1/2 debeline deske) in površinsko vlažnost (sonde do 1/5 debeline deske). Iz naprej izbranih vzorčnih desk smo po gravimetrični metodi (metodi tehtanja) pripravili referenčno meritev povprečne vlažnosti.



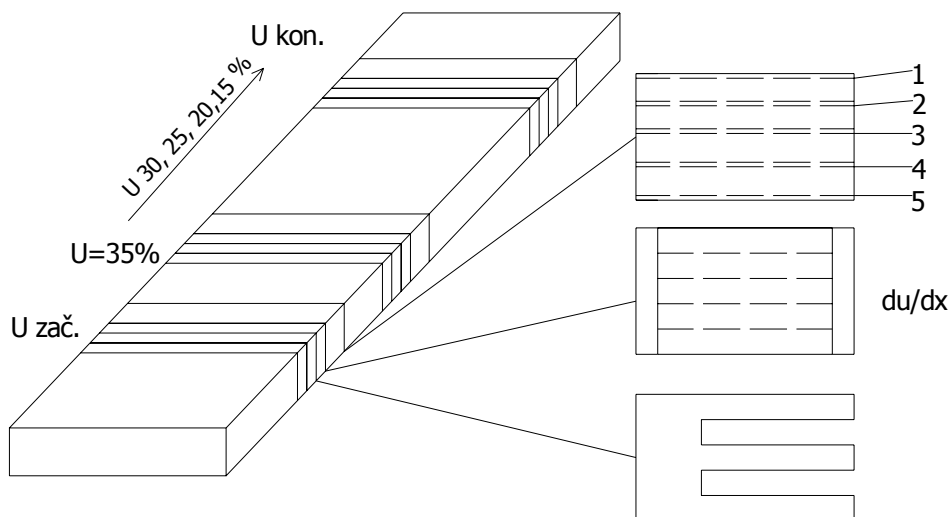
Slika 1: Razporeditev sond za spremljanje lesne vlažnosti v sušilni komori A pri šarži 4.

Za merjenje smo iz vnaprej izbranih desk, ki so bile brez poškodb in rastnih anomalij, izžagali do 40 cm dolg kos deske, ki smo ga uporabili za pripravo vzorcev (sl. 2). Nato smo na strani, ki je bila izpostavljena hitrejšemu sušenju iz prečne čelne površine deske, odžagali približno 15 do 20 cm, da smo izničili hitrejšo sušenje s čelnih površin.

Vlažnostni gradient smo merili s pomočjo sukcesivno odvzetih rezin lesa (sl. 2), enotne debeline, po debelini vzorcev, ki smo jih tekom sušilnega procesa pripravili pri začetni vlažnosti in nato pri $u = 35 \%$, $u = 30 \%$, $u = 25 \%$, $u = 20 \%$, $u = 15 \%$ in po končanem sušilnem postopku.

Sušilne hitrosti med posameznimi šaržami smo primerjali v treh območjih vlažnosti in sicer:

- od začetne vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten (u_{TNCS}),
- od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa in
- od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti ($u = 10\%$).



Slika 2: Odvzemanje vzorcev bukovine (*Fagus sylvatica* L.) za določanje povprečne vlažnosti, vlažnostnega gradienta, notranjih napetosti in spremembe barve

3.3.3 Vizualno ocenjevanje barve

Barvo lesa smo ugotavljali vzporedno s časom sušenja in zaporednim odvzemanjem pri določanju povprečne vlažnosti. Barvo vzorcev smo ocenjevali primerjalno z referenčnim vrednostmi materiala na začetku sušenja ter pri $u = 35\%$, $u = 30\%$, $u = 25\%$, $u = 20\%$, $u = 15\%$ in po končanem sušilnem postopku. Barvo površinskega in sredinskega sloja smo v treh vlažnostnih območjih (od $u_{\text{ZAČ.}}$ do u_{TNCS} , od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ in od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$) razvrstili v tri barvne spektre (svetla, prehodna in temna barva).

Barve lesa pri sušenju smo delili na :

- svetla (les neobarvan in neomejeno uporaben),
- prehodna (rahlo obarvanje lesa, ob prebiranju in obračanju še vedno uporaben les),
- temna (temno obarvanje, kakovostno razvrednotenje lesa in omejena uporabnost).

Barvo smo ocenjevali na dva načina:

- iz vzorcev, ki smo jih pripravili iz prečne čelne površine deske in
- iz enakomernih tankih rezin pripravljenih po debelini deske.

3.3.4 Vizualno ocenjevanje napak sušenja

Med procesom sušenja smo vršili redno kontrolo stanja desk v sušilni komori. Pri tem smo spremljali predvsem nastajanje mehanskih sušilnih napak (morebitnih čelnih, površinskih razpok in veženja) ter napake obarvanja lesa.

4 REZULTATI

4.1 PRIPRAVA ZLOŽAJEV IN ZAPOLNJENOST SUŠILNIH KOMOR

Pri vse spremljanih šaržah smo imeli za izhodišče svež žagan les (u_{ZAC} . nad 50 %), ki smo ga sušili na enotno ciljno končno vlažnost (u_{KON} . pribl. 10 %). Osnovne razlike med šaržami so bile: tip uporabljene sušilne komore, debelina sušenega žaganega lesa, uporabljen režim sušenja, času sečnje hlodovine in čas zadrževanja hlodovine na skladišču (manipulacija). V pomladanskem delu testiranj sušilnih procesov smo preučevali dve šarži (1 in 2) bukovih desk debeline 32 mm ($156,2 \text{ m}^3$); eno šaržo desk (3) debeline 38 mm ($92,7 \text{ m}^3$) in šaržo desk (4) debeline 50mm ($90,4 \text{ m}^3$) (pregl.7). Glede na to, da je bila hlodovina zimske sečnje in da so bile temperature okolja blizu 0°C so bili omejeni pogoji nastanka obarvanja pred sušenjem v konvekcijski sušilnici. Časi manipulacije od hlodovine do polnjenja žaganega lesa v sušilno komor so bili krajši od 10 dni.

Preglednica 7: Neto prostornina sušečega se lesa po posameznih šaržah, tipu komore, debelini žaganega lesa, času sušenja, začetni vlažnosti in končni vlažnosti

ŠARŽA	VRSTA	DEB.DESK	PROS.LESA	ČAS SUŠ.	ZAČ.VL.	KON.VL.
	KOMORE	[mm]	[m ³]	[dan]	u [%]	u [%]
1	A	32	73,8	25	56,8	10,4
2	A	32	82,4	24	53	10,3
3	A	38	92,7	29	63,9	10,4
4	A	50	90,4	45	58,1	10,8
5	A	50	92,5	39	61,3	12
6	B	50	49,4	39	59,8	10,3
7	B	50	50,7	35	57,9	10,7

Deske pri šarži 5 (pregl. 7) so bile pripravljene iz hlodovine zimske sečnje, ki so bile kar nekaj časa skladiščene na hlodišču. Čas manipulacije od razžagovanja hlodovine do polnjenja sušilne komore je bil krajši od 15 dni, vendar pa so bile dnevne temperature že razmeroma visoke.

Prvih pet šarž je bilo polnjeno in posušeno v sušilne komore vrste A (pregl. 2) , ki imajo prostornino polnjenja pribl. 100 m^3 .

V jesenskem delu testiranj sušilnih procesov smo preučevali dve šarži (6 in 7) bukovih desk debeline 50 mm (100 m^3), ki so bile polnjene in posušene v sušilni komori vrste B (pregl. 2). Deske pri šarži 6 ($49,4 \text{ m}^3$) so bile pripravljene iz hlodovine, ki je bila daljši čas čez poletje skladiščena na hlodišču, kjer je bila polivana.

Deske pri šarži 7 ($50,7 \text{ m}^3$) so bile pripravljene iz hlodovine, ki je bila posekana že po končani vegetaciji. Čas manipulacije od razžagovanja do polnjenja v sušilno komoro vrste B je bil krajši od 10 dni.

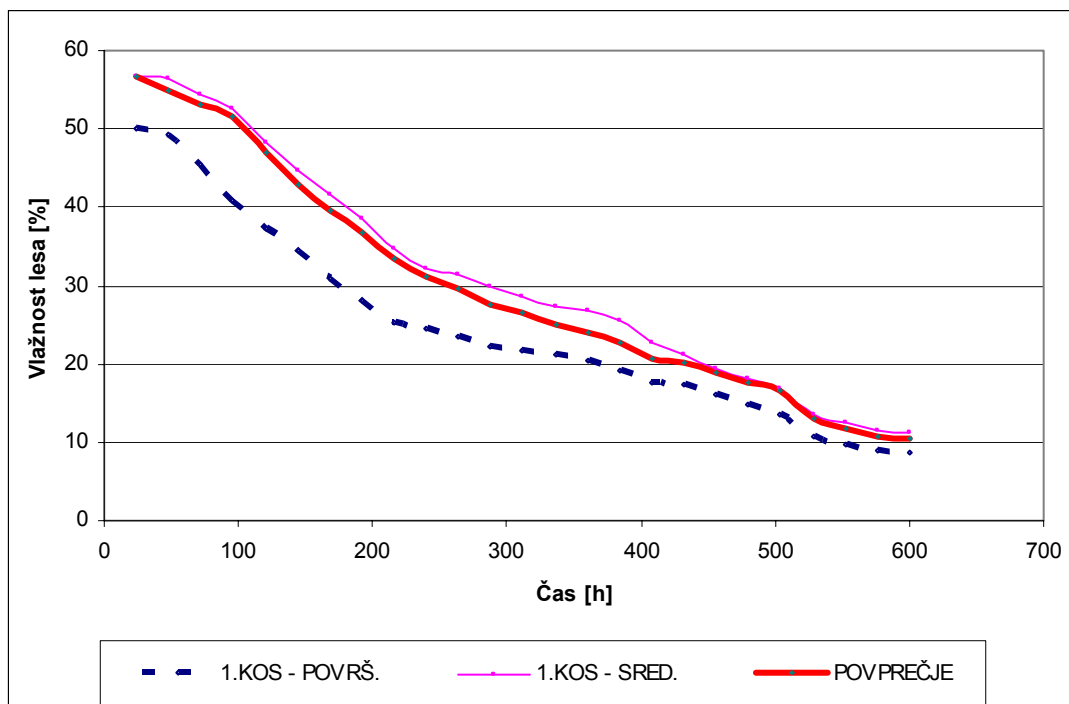
4.1 KINETIKA SUŠENJA

Za sušenje prvih treh šarž (sl. 3-5) smo uporabili predlagan spremenjen režim sušenja (pregl. 6) bukovih desk:

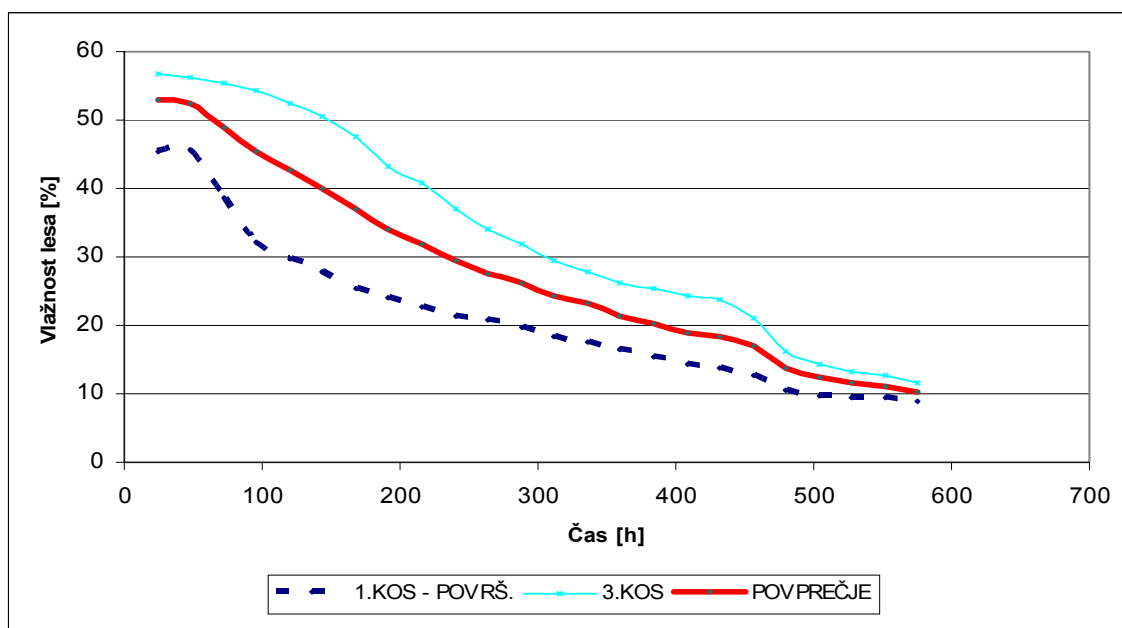
- prva šarža za debelino desk 32 mm,
- druga šarža za debelino desk 32 mm in
- tretja šarža za debelino desk 38 mm.

Pri šarži 2 in 3 smo režim nekoliko spremenili, saj smo na začetku sušenja uporabili višjo začetno temperaturo (35 °C).

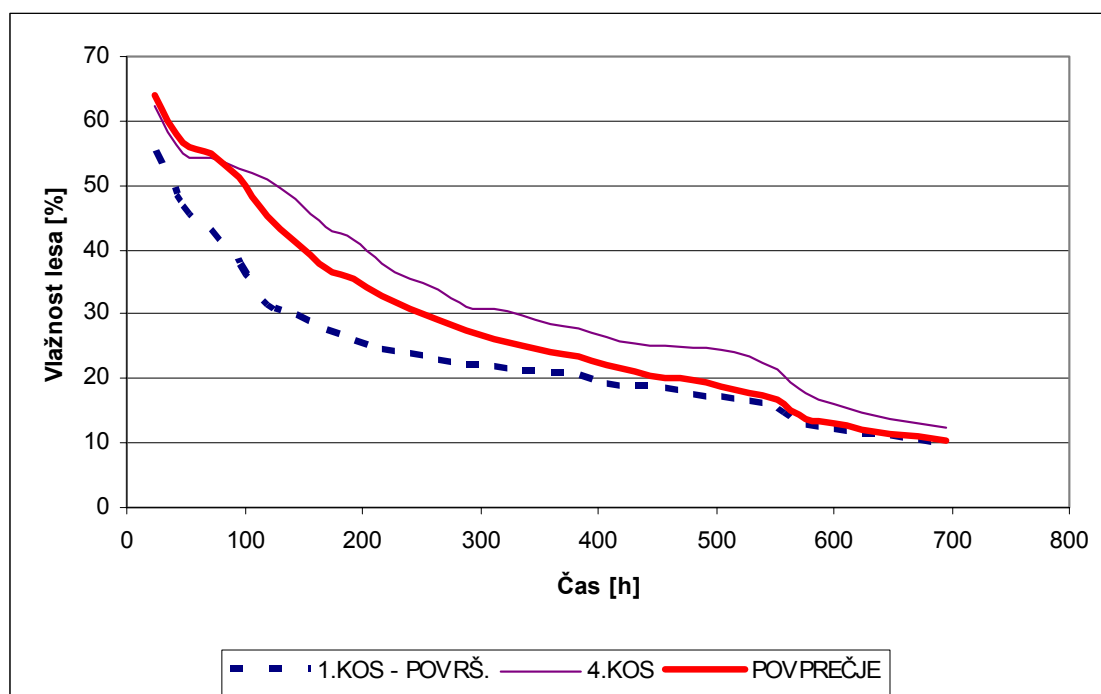
Po začetnem segrevanju in pregrevanju (pribl. po 50 h) je prišlo do hitrega sušenja, ki sovпада s prvo fazo konstantne hitrosti sušenja in je trajala v prvih treh šaržah pribl. 250 ur. Ko se je začela sušiti sredica pod u_{TNCS} , se je proces sušenja nekoliko upočasn timer. Predvideni čas sušenja za bukovе deske debeline 32 mm je prib. 22–23 dni, za deske debeline 38 mm pa približno 26-28 dni. Pri našem testu (predlagan spremenjeni režim sušenja desk debeline 25-38 mm) smo ta čas prekoračili pri šarži 1 za dva dni, pri šarži 2 za en dan in pri šarži 3 za dan. Pri šarži 1 (sl. 3) smo uporabili na začetku sušenja temperaturo 28 °C medtem, ko smo pri šarži 2 (sl. 4) in 3 (sl. 5) uporabili začetno temperaturo 35 °C, ki je bila nespremenjena do lesne vlažnosti 28 %. Prav tako so bile razlike med posameznimi šaržami v začetni vlažnosti kontrolnih kosov, ki je bila najvišja pri šarži 3 (64 %), pri šarži 1 je bila povprečna vlažnost na začetku 57 % in pri drugi šarži 53 %.



Slika 3: Sušilne krivulje (šarža 1) bukovih desk debeline 32 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 1. kos-sredica, povprečje- povprečje 5 merilnih mest)



Slika 4: Sušilne krivulje (šarža 2) bukovih desk debeline 32 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 3. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)



Slika 5: Sušilne krivulje (šarža 3) bukovih desk debeline 38 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 4. kos-sredica, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)

Sušilne hitrosti so bile pri vseh treh šaržah v povprečju 1,8 %/dan sušenja. Po območjih vlažnosti (pregl. 8) je bila na začetku največja hitrost pri šarži 3 (3,55 %/dan) in najmanjša pri šarži 2 (2,36 %/dan). V srednjem območju vlažnosti (od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa) je bila najvišja hitrost sušenja pri šarži 1 (1,87 %/dan) in najnižja pri šarži 3 (1,39 %/dan). V najnižjem območju vlažnosti (od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti $u = 10$ %) je bila največja sušilna hitrost pri šarži 1 (1,3 %/dan) in najnižja pri šarži 3 (1 %/dan). Odstopanje vlažnosti med posameznimi kontrolnimi kosi (sondami) je bilo pri šarži 2 največje. Odstopanje oziroma raztros vlažnosti v komori po končanem ciklusu sušenja je bila pri vseh treh komorah podobno (pribl. 3 %).

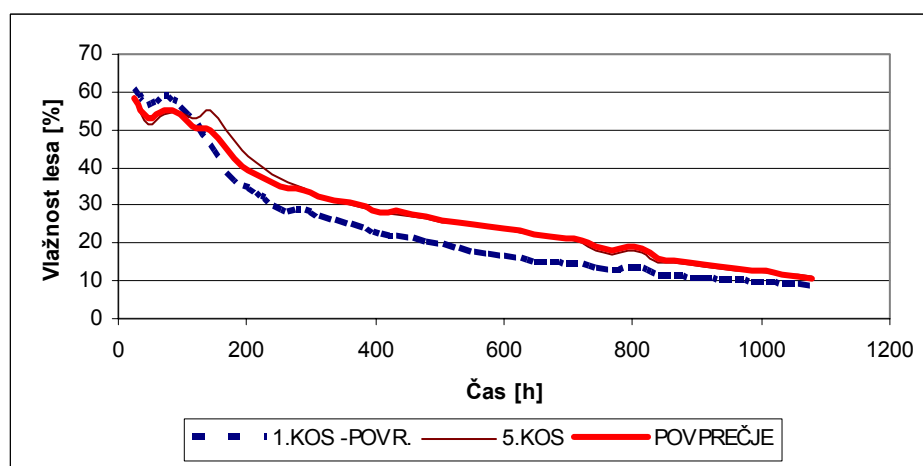
Preglednica 8: Sušilne hitrosti v treh vlažnostnih območjih po posameznih šaržah

ŠARŽA	Deb. desk [mm]	$U_{ZAC.} - u_{TNCS}$ [%/dan]	$u_{TNCS} - u_{20\%}$ [%/dan]	$u_{20\%} - u_{KON.}$ [%/dan]
1	32	2,5	1,87	1,3
2	32	2,36	1,74	1,24
3	38	3,55	1,39	1
4	50	2,15	0,74	0,65
5	50	2,2	0,77	1
6	50	2,24	0,94	0,83
7	50	2,4	0,92	0,93
7 (a)	50	2,4	1,29	1,78

Za sušenje šarže 4, 5, 6 in 7 smo uporabili predlagan spremenjen režim sušenja (pregl. 4) bukovih desk debeline 50 in 60 mm. Šarži 4 in 5 sta bili posušeni v sušilnici vrste A (pregl. 2) in šarži 6 ter 7 v sušilnicah vrste B (pregl. 2).

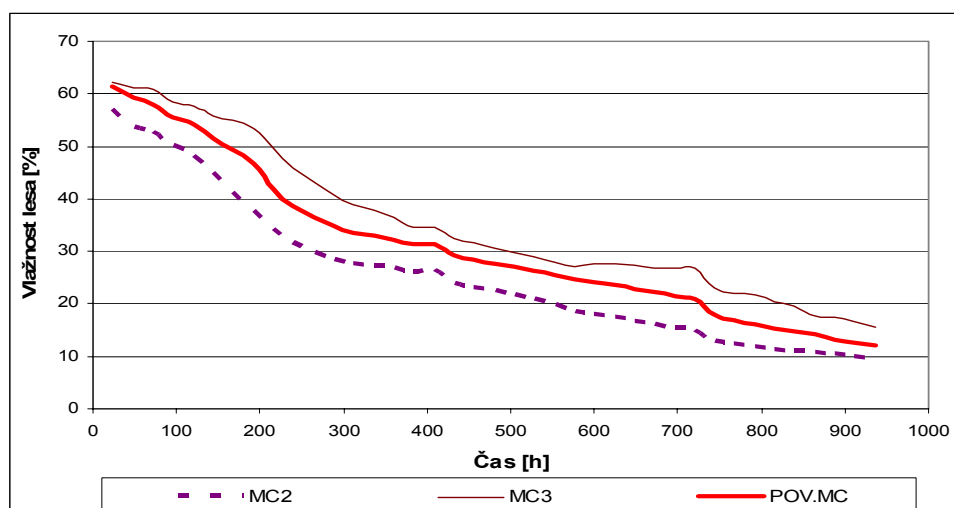
Pri vseh štirih šaržah (sl. 6-9) bukovih desk debeline 50 mm nismo uspeli na samem začetku sušenja doseči načrtovanih procesnih parametrov.

Pri četrti šarži (sl. 6) smo začeli sušiti s temperaturo 32 °C in ravnovesno vlažnostjo 16 %. Na samem začetku sušenja pribl. sedem dni nismo uspeli doseči načrtovane ravnovesne vlažnosti. V nadaljevanju sušenja so se zelo hitro vzpostavili procesni parametri, vendar je ta prehod bil zelo velik, kar je povzročilo sušilne napake (površinske razpoke). V nadaljevanju smo komoro navlažili in spremenili režim sušenja. To pa se je negativno odrazilo predvsem v obarvanju sredice desk in velikem podaljšanju časa sušenja. Povprečna sušilna hitrost je bila 1,05 %/dan sušenja. V območju od začetne vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten je bila sušilna hitrost zadovoljiva (2,15 %/dan). V srednjem območju vlažnosti (od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa) je bila sušilna hitrost že razmeroma majhna (0,74 %/dan). V najnižjem območju vlažnosti (od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti $u = 10$ %) je bila sušilna hitrost izredno majhna (0,65 %/dan). Ob koncu smo uporabili temperaturo sušenja 50 °C, kar je povzročilo še dodatno podaljšanje sušenja



Slika 6: Sušilne krivulje (šarža 4) bukavih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (1. kos-površina, 5. kos-sredina, povprečje-povprečje 5 merilnih mest)

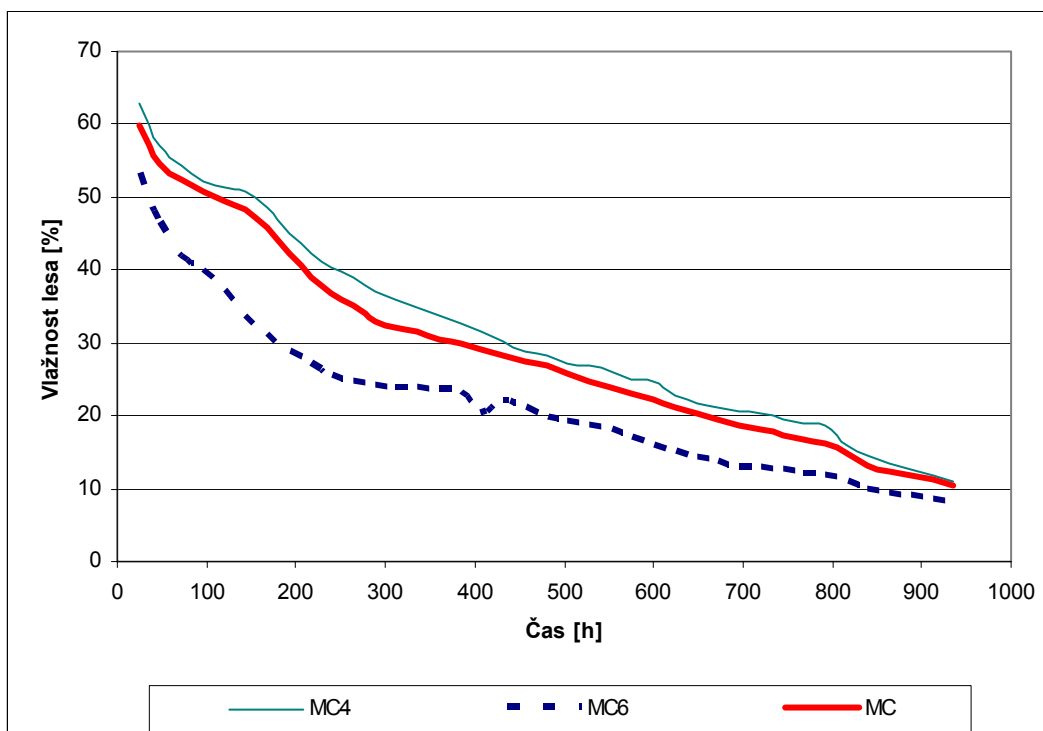
Pri šarži 5 (sl. 7) nismo uspeli doseči načrtovane vrednosti ravnovesne vlažnosti in temperature. Načrtovani procesni parametri so se vzpostavili šele po 8 dneh sušenja. V nadaljevanju sušenja smo se soočili z izpadom električne energije, ki je povzročilo nekaj urno zaustavitev sušilne komore, kar pa je povzročilo spremembo procesnih parametrov in navlaževanje lesa. Čas sušenja se je podaljšal iz zelenih 35 dni na 39 dni pri čemer je večina desk imela izrazito obarvanje sredine, tako imenovani »sendvič«. Povprečna sušilna hitrost je bila 1,26 %/dan sušenja. V območju od začetne vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten je bila sušilna hitrost zadovoljiva (2,24 %/dan). V srednjem območju vlažnosti (od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa) je bila sušilna hitrost le še 0,77 %/dan. V najnižjem območju vlažnosti (od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti $u = 10\%$) je bila sušilna hitrost 1 %/dan.



Slika 7: Sušilne krivulje (šarža 5) bukavih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 2-površina, MC 3-sredica, POV. MC-povprečje 5 merilnih mest)

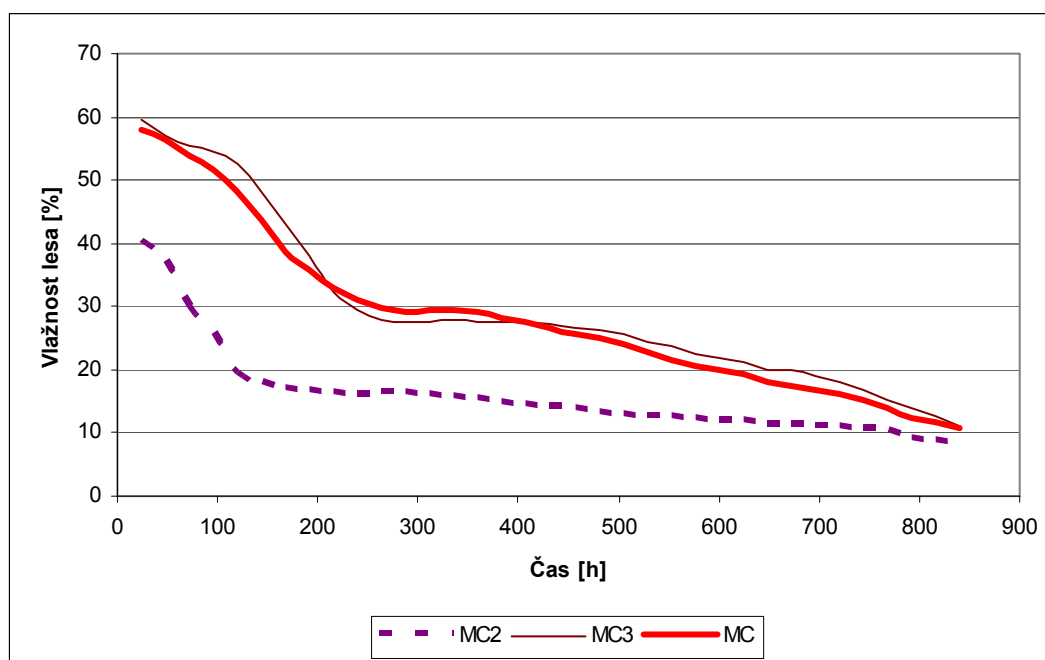
V nadaljevanju smo testirali sušilne procese v sušilnih komorah tipa B (pregl. 2), ki so dimenzijsko nekoliko manjše vendar imajo nekoliko boljše tehnične karakteristike za sušenje.

Sušenje šarže 6 (sl. 8) smo začeli pri temperaturi 28 °C in ravnovesni vlažnosti 17 %, kar pa ni bilo ustrezno saj smo polnili v sušilnico deske iz letne sečnje, ki so bile skladiščene dlje časa na hodišču in pri tem polivane. Za vzpostavitev načrtovanega režima je bilo potrebno kar sedem dni vendar, ker je bila sušilna hitrost pri tem zelo majhna (1 %/dan) se je na površini desk pojavila na posameznih mestih plesen. V nadaljevanju je potekalo sušenje po zastavljenem režimu brez večjih odstopanj. Obarvanje sredice deske se je pojavilo pri vlažnosti desk med 23 in 20 % lesne vlažnosti. Za sušenje je bilo potrebno 39 dni. Povprečna sušilna hitrost je bila 1,27 %/dan sušenja. V območju od začetne vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten je bila sušilna hitrost ustrezna (2,2 %/dan). V srednjem območju vlažnosti (od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa) je bila sušilna hitrost le še 0,94 %/dan. V najnižjem območju vlažnosti (od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti $u = 10$ %) je bila sušilna hitrost 0,83 %/dan.



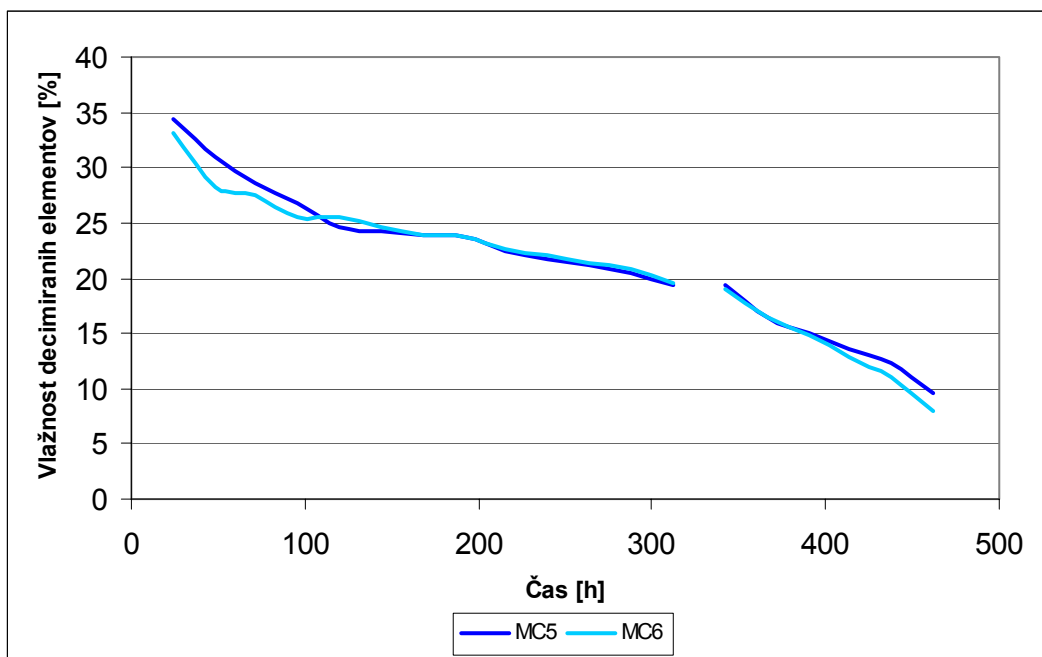
Slika 8: Sušilne krivulje (šarža 6) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 4-sredica, MC 6-površina, MC-povprečje 5 merilnih mest)

Pri šarži (sl. 9) 7 (popolnoma sveže deske debeline 50 mm) smo na samem začetku uporabili enak režim kot pri šarži 6, kar se je izkazalo za primerno saj smo v nekaj dneh dosegli zastavljen režim. Padanje vlažnosti je bilo v začetnih stopnjah sušenja izredno veliko (do 4 %/dan), vendar se je že pribl. pri 30 % vlažnosti lesa popolnoma ustavilo zaradi nekontroliranega nihanja procesnih parametrov sušenja (temperatura). Pri tem je prišlo tudi do navlaževanja lesa, kar je posledično privedlo do nastanka obarvanja sredice pri razmeroma visoki povprečni lesni vlažnosti (28 %). V nadaljevanju je potekalo sušenje po zastavljenem režimu. Povprečna sušilna hitrost je bila 1,35 %/dan sušenja. V območju od začetne vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten je bila sušilna hitrost primerna (2,4 %/dan). V srednjem območju vlažnosti (od točke nasičenja celičnih sten do 20 % vlažnosti lesa) je bila sušilna hitrost 0,92 %/dan. V najnižjem območju vlažnosti (od 20 % vlažnosti do končne vlažnosti $u = 10\%$) je bila sušilna hitrost 0,94 %/dan.



Slika 9: Sušilne krivulje (šarža 7) bukovih desk debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 2-površina, MC 3-sredica, MC-povprečje 5 merilnih mest)

Pri sedmi šarži pa smo opravili še primerjavo sušenja decimiranih elementov, ki smo jih pripravili iz desk, ki so bile posušene na vlažnost 33 %, kondicionirane in ohlajene. Pri šarži 7 smo iz komore odvzeli zložaj desk (pril. C.1) debeline 50 mm. V srednjem območju vlažnosti (od u_{TNCs} do $u_{20\%}$ vlažnosti lesa) je bila sušilna hitrost pri sušenju decimiranih elementov (1,29 %/dan). Sušenje decimiranih elementov v srednjem vlažnostnem območju (od u_{TNCs} do $u_{20\%}$) smo izvedli skupaj s popolnoma svežimi deskami debeline 32 mm, ter pri tem uporabili nov spremenjen režim (pregl. 6). V najnižjem območju vlažnosti (od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$) pa je bila sušilna hitrost kar 1,78 %/dan. Sušenje decimiranih elementov (sl. 10) v najnižjem vlažnostnem območju je bilo izvedeno pod posebnim režimom skupaj z dosušitvijo (sušenje decimiranih elementov iz vlažnosti pribl. 15 % na vlažnost primerno za lepljenje) ostalih elementov. Barva posušanih decimiranih elementov se ni bistveno spremenila od primerjalnega vzorca, ki je bil pripravljen pri vlažnosti 35 %.



Slika 10: Sušilne krivulje bukovih decimiranih elementov debeline 50 mm določene z uporovnim merjenjem lesne vlažnosti (MC 5-sredina kon. kosa X, MC 6-sredina kon. kosa Y)

Presledek krivulj pribl. po 320 urah sušenja pomeni vmesni čas za premik testiranih decimiranih elementov (pril. C.2) iz komore z blagim režimom v komoro za dosuševanje elementov do vlažnosti za lepljenje. Sušenje smo nadaljevali pri temperaturi 50 °C in ravnovesni vlažnosti 12 %. Ob zaključku dosušitve smo imeli temperaturo 65 °C in 9 % ravnovesno vlažnost.

Čas sušenja decimiranih elementov je bil primerljiv s časom sušenja desk, medtem ko je bila kvaliteta posušenih decimiranih elementov na izredno visoki ravni saj ni bilo prisotnih nobenih sušilnih napak kot so razpoke in obarvanja.

4.3 OCENA KAKOVOSTI SUŠENJA

4.3.1 Ocena napak sušenja

Med procesom sušenja smo pri vseh šaržah vršili dnevno kontrolo stanja (obarvanje, razpoke) desk v sušilni komori oziroma njihovo kakovost.

Pri preverjanju nastanka sušilnih napak (pregl. 9) pri šarži 1, 2 in 3 smo ugotovili, da je teh napak pribl. 6 %, kar je popolnoma primerljivo z deskami, ki so bile sušene po standardnih režimih. Osnovne sušilne napake, ki so se pojavile so bile predvsem globoke čelne razpoke (nezaščiteni čela desk), prisotne površinske razpoke pri bočnicah in veženje desk v zgornjih vrstah.

Preglednica 9 : Delež desk z mehanskimi napakami, z obarvanjem in brez sušilnih napak

ŠARŽA	MEH.SUŠ.NAPAKE	BARVNE NAPAKE	BREZ SUŠILNIH NAPAK
	[%]	[%]	[%]
1	6	0	94
2	5	0	95
3	7	0	93
4	12	13	75
5	10	10	80
6	7	6	87
7	5	5	90
7 (a)	1	0	99

Pri spremljanju nastanka sušilnih napak pri šarži 4 in 5 smo ugotovili, da je prisotno pribl. 20 % napak sušenja. Poleg mehanskih sušilnih napak, ki so se pojavile pri prvih treh šaržah se je pri šaržah 4 in 5 pojavilo še izrazito obarvanje sredice, kar je še dodatno razvrednotilo sušen žagan les. Tako so bile deske uporabne predvsem za lepljene plošče, kjer ne pride tako do izraza sredica. Decimiran les pa ni bil primeren za samostojne elemente oziroma elemente za stole, ker so tu vidne vse strani elementa.

Pri šarži 6 in 7 je bil delež napak sušenja nekoliko nad 10 %. Pojavile so se mehanske sušilne napake (čelne in površinske razpoke), ter v manjši meri tudi obarvanje sredice.

Pri šarži 7 (a) oziroma sušenju decimiranih elementov, ki so bili pripravljeni iz desk iz sedme šarže pri vlažnosti 30 % se ni pojavilo omembe pomembnih napak sušenja.

4.3.2 Ocena obarvanja med postopkom sušenja

Za ocenjevanje barve smo tekom sušilnega procesa pripravljali odrezke iz prečne čelne površine deske, katere smo med seboj primerjali (preg. 10) in ugotavljali, kje se je obarvanje pojavilo in kako intenzivno je bilo. Pri šarži 5, 6, 7 in 7 (a) pa smo za obarvanje pripravljali (sl. 2) tudi tanke lističe po debelini deske. Barve lesa pri sušenju smo delili na :

- svetla (les neobarvan in neomejeno uporaben),
- prehodna (rahlo obarvanje lesa, ob prebiranju in obračanju še vedno uporaben les),
- temna (temno obarvanje, kakovostno razvrednotenje lesa in omejena uporabnost).

Preglednica 10 : Obarvanje (površine, sredine) desk v treh območjih vlažnosti po posameznih šaržah.

ŠARŽA	SLOJ	$u_{\text{zač.}} - u_{\text{tncs}}$	$u_{\text{tncs}} - u_{20\%}$	$u_{20\%} - u_{10\%}$
1	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
2	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
3	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
4	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	PREHODNA
	SREDINA	SVETLA	PREHODNA	TEMNA
5	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	PREHODNA
	SREDINA	SVETLA	PREHODNA	TEMNA
6	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	SVETLA	TEMNA
7	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	PREHODNA	TEMNA
7 (a)	POVRŠINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA
	SREDINA	SVETLA	SVETLA	SVETLA

Med procesom sušenja bukovih desk 32, 38 mm (šarža 1, 2 in 3) se ni nikoli pojavilo izrazito obarvanje sredine deske. Obarvanje se je pojavilo le pri vzorcih, ki so imeli prisotne napake in anomalije. Režim sušenja, ki smo ga uporabili je imel začetno temperaturo 28 °C (šarža 1) in 35 °C (šarža 2 in 3), kar je celo nekoliko previsoko za sušenje belih lesov vendar, ker smo vztrajali pri tej temperaturi do vlažnosti desk 28 %, se ni pojavilo večje obarvanje.

Pri šaržah 4, 5, 6 in 7 se je v procesu sušenja desk debeline 50 mm vedno pojavilo bolj ali manj izrazito obarvanje sredice oziroma »sendvič«. Obarvanje je bilo pri različnih šaržah različno izrazito, prav tako se je obarvanje začelo tvoriti pri različnih območjih vlažnosti lesa. Najhitreje se je obarvanje tvorilo pri šarži 7, ko se je obarvanje v srednjem območju vlažnosti (od u_{TNCS} do $u_{20\%}$) pojavilo že pri povprečni lesni vlažnosti 28 % in najkasneje pri šarži 6 pri vlažnosti lesa 21 %. V srednjem območju vlažnosti (od u_{TNCS} do $u_{20\%}$) se je pojavilo v sredini deske blago prehodno obarvanje, ki pa je pri šaržah 4, 5, 6 in 7 v nadaljevanju sušenja (od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$) praviloma prešlo do temnega obarvanja sredine deske. Pri šaržah 4 in 5 se je tudi površinski sloj prehodno obarval medtem, ko je pri šaržah 6 in 7 površinski sloj ostal svetel (neobarvan).

Pri šarži 6 smo uporabili novi režim (pregl. 4) sušenja bukovih desk debeline 50 mm. Deske so bile pripravljene iz hlodovine, ki je bila daljši čas skladiščena in polivana na hlodišču. Za preučevanje obarvanja pri procesu sušenja smo spremljali vzorčno desko 1 in 2.



Slika 11: Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1 (šarža 6). Stolpec 1 levo ($u_{35\%}$, $u_{25\%}$, $u_{15\%}$), stolpec 2 desno ($u_{ZAČ.}$, $u_{30\%}$, $u_{20\%}$) in vzorec spodaj ($u_{KON.}$).

Iz vzorcev (sl. 11 in pril. E.8-E.11) lahko vidimo, da se je pojavilo obarvanje (šarža 6) pri petem odvzemu vzorcev (tretji vzorec v stolpcu 2). Povprečna vlažnost deske je bila 20 %. Obarvanje ki se je pojavilo v sredini deske smo opredelili kot predhodno. V nadaljevanju sušenja se je pri vzorcu šest (tretji vzorec v stolpcu 1) obarvanje sredine desk spremenilo iz prehodnega v temno. Povprečna vlažnost vzorčne deske je bila 15 %, vlažnost površine 12 % in vlažnost sredine deske 17 %. Povprečna vlažnost pri zadnjem vzorcu je bila 9 % in se je med površino in sredino razlikovala za 1 %. Po končanem sušenju je bila površina še vedno razmeroma bela, sredica pa se je obarvala temno.

Pri šarži 7 smo uporabili novi režim (pregl. 4) sušenja bukovih desk debeline 50 mm. Deske so bile pripravljene iz hlodovine, ki je bila posekana pred samim začetkom zime. Za preučevanje obarvanja pri procesu sušenja smo spremljali vzorčne deske X, Y in Z (pril. E12-E16).



Slika 12: Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7). Stolpec 1 levo ($u_{ZAČ.}$), stolpec 6 skrajno desno ($u_{KON.}$).

Obarvanje sredine deske Y (sl. 12) se je pojavilo (šarža 7) v srednjem območju vlažnosti (od u_{TNCs} do $u_{20\%}$) pri vzorcu štiri (stolpec štiri), ko so se sloji (pril. D.3) G, H in I prehodno obarvali. Vlažnost površinskega sloja je bila 13 %, vlažnost sredine deske je bila 24,6 % in povprečna vlažnost čelnega odrezka deske pa 19 %. Pri vzorčenju pet so bil še vedno obarvani sloji G, H, in I, vendar se je prehodna barva spremenila v temno. Vlažnost sredine je bila 20 % in vlažnost površine 11 %. Po končanem sušenju sta sloja na površini ostala svetla medtem, ko so bili sloji (sl. 12) G, H in I temno obarvani.

Iz sušilnice (šarža 7) smo pribl. pri 33 % lesne vlažnosti odvzeli zložaj desk debeline 50 mm (pril. C.1), ki je bil pred tem kondicioniran toliko časa, da so imele deske po prerezu podobno vlažnost. Deske, ki so bile v nadaljevanju razžagane v planske decimirane elemente (pril. C.2) niso bile predhodno obarvane. V nadaljevanju sušenja (sl. 13) v srednjem in najnižjem območju vlažnosti (od u_{TNCs} do $u_{10\%}$) se ni pojavilo nobeno obarvanje.



Slika 13: Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega decimiranega elementa X (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{24\%}$), stolpec 2 ($u_{19\%}$), stolpec 3 ($u_{13\%}$) in stolpec 4 skrajno desno ($u_{KON.}$).

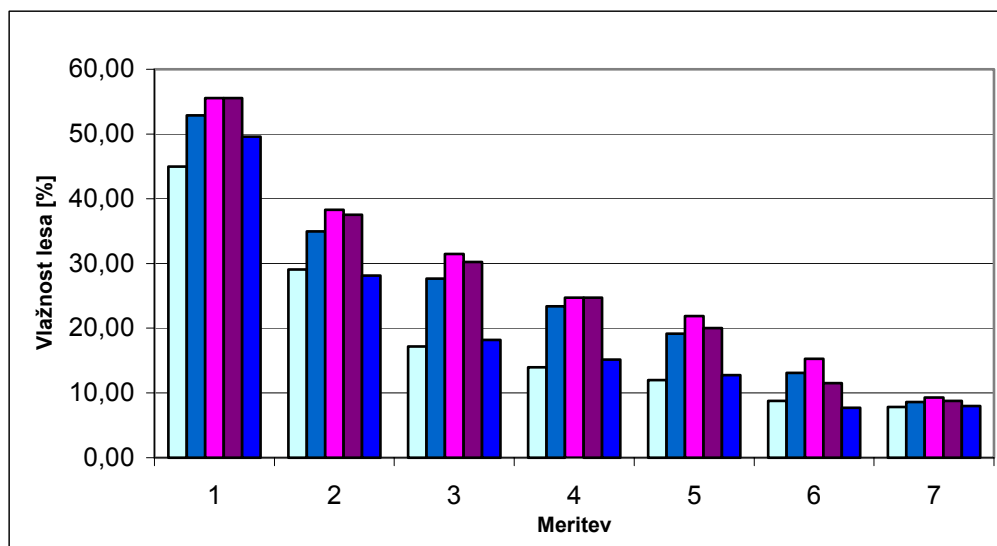
4.3.3 Vlažnostni gradient

Pri šaržah 5, 6, 7 in 7 (a) smo natančneje preučevali tudi gradient vlažnosti (pril. F.1-F.9) skozi celotni ciklus sušenja. Za spremljanje smo izbrali dve do tri vzorčne deske, ki so služile za pripravo vzorcev za ugotavljanje povprečnih gradientov vlažnosti pri posamezni šarži (pregl. 11 in pril. D.1-D.4)

Preglednica 11 : Povprečne vrednosti gradientov vlažnosti v treh območjih vlažnosti pri šaržah 5, 6, 7 in 7 (a)

ŠARŽA	$u_{ZAČ.}-u_{TNCS}$	$u_{tncs}-u_{20\%}$	$u_{20\%}-u_{10\%}$
	$\Delta u/\Delta x$ [%/cm]	$\Delta u/\Delta x$ [%/cm]	$\Delta u/\Delta x$ [%/cm]
5	5	6,3	3
6	3,5	6	3,3
7	5	6,5	3,2
7 (a)		3,8	2

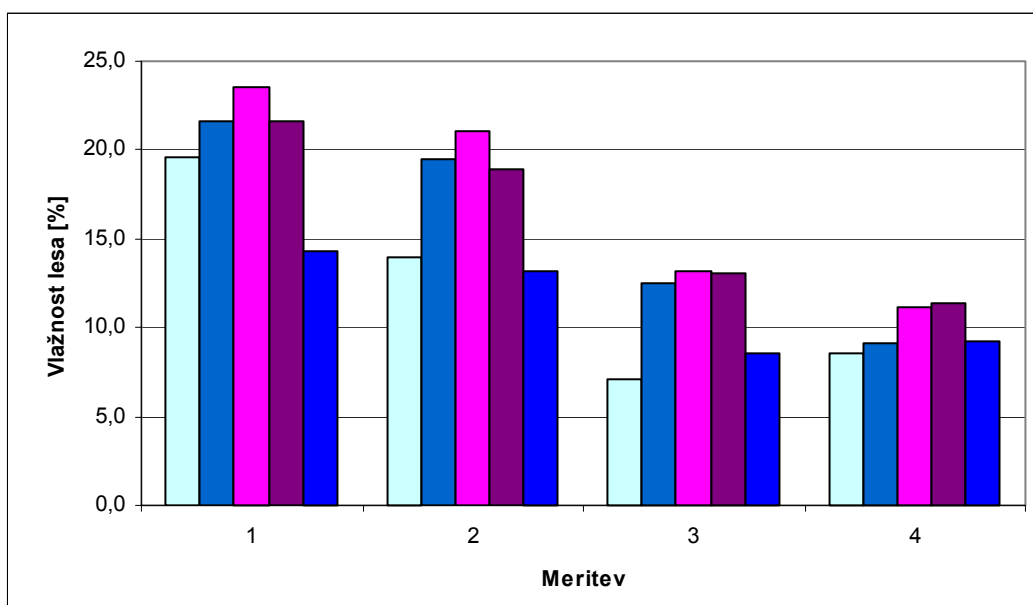
Pri vseh spremljanih šaržah (pregl. 11) smo ugotovili (sl. 14), da se je že v prvem območju vlažnosti ($u_{ZAČ.}-u_{TNCS}$) pojavila razmeroma visoka razlika med vlažnostjo površinskega in sredinskega sloja (pribl. 5 %/cm). V srednjem območju vlažnosti (od u_{TNCS} do $u_{20\%}$) se je ta razlika samo povečala (pribl. 6 %/cm). Praviloma pa se je pri vseh šaržah debeline 50 mm začelo tvoriti manjše prehodno obarvanje sredine deske. V območju vlažnosti (od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$) se je gradient vlažnosti nekoliko zmanjšal (pribl. 3 %/cm). Le pri šarži 7 (a), kjer smo sušili decimirane elemente, ki so bili pri 30 % vlažnosti pripravljene iz desk, ki so bile predhodno kondicionirane in ohlajene, smo dobili približno za 40 % nižje gradiente vlažnosti tako v srednjem kot na najnižjem območju vlažnosti.



Slika 14: Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske Z (šarža 5) na sedmih intervalih sušenja

Pri vseh treh vzorčnih deskah (šarža 5) je običajno bila vlažnost razporejena tako, da je bil najbolj suh sloj A, E, B, D in najbolj vlažen pa sredinski sloj C. Na sliki (sl. 14) vidimo značilno razporeditev gradienta vlažnosti pri čemer predstavlja meritve 1 območje vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} , meritve 2-4 območje vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ in meritve 5-7 pa območje vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$.

Podobno kot pri sušenju žaganega lesa smo spremljali gradient vlažnosti tudi pri sušenju decimiranih elementov, ki so bili pri vlažnosti 30 % pripravljene iz šarže 7. Meritve 1-2 so predstavljale (sl. 15) območje vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ in meritve 3-4 pa območje vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$.



Slika 15: Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa Y (iz šarže 7) na štirih intervalih sušenja

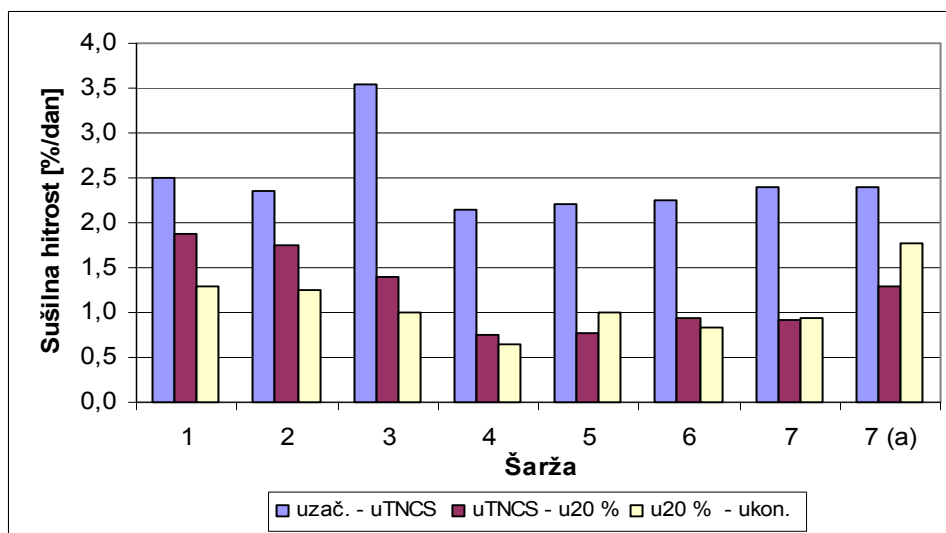
Pri prvem merjenju (sl. 15) je bil vlažnostni gradient pribl. 4 %/cm pri vzorcu Y. V nadaljevanju se je razlika v vlažnosti med površino in sredino samo manjšala. Pri meritvi 3 in 4 (proces dosušitve decimiranih elementov) je bila ta razlika manjša od 2,5 %/cm. Končna vlažnost je bila pri vzorcu Y 9 %. Gradienti so bili pri sušenju decimiranih elementov pribl. za 40 % nižji od tistih pri sušenju žaganega lesa.

5 RAZPRAVA

5.1 SUŠENJE BUKOVINE

Rezultat sušenja bukovine (*Fagus sylvatica* L.) so potrdili domnevo, da na čas in nastanek obarvanja lesa vpliva več dejavnikov hkrati. Ključni dejavniki za razvoj in nastanek obarvanja so temperatura, hitrost sušenja in stanje vlažnosti žaganega lesa.

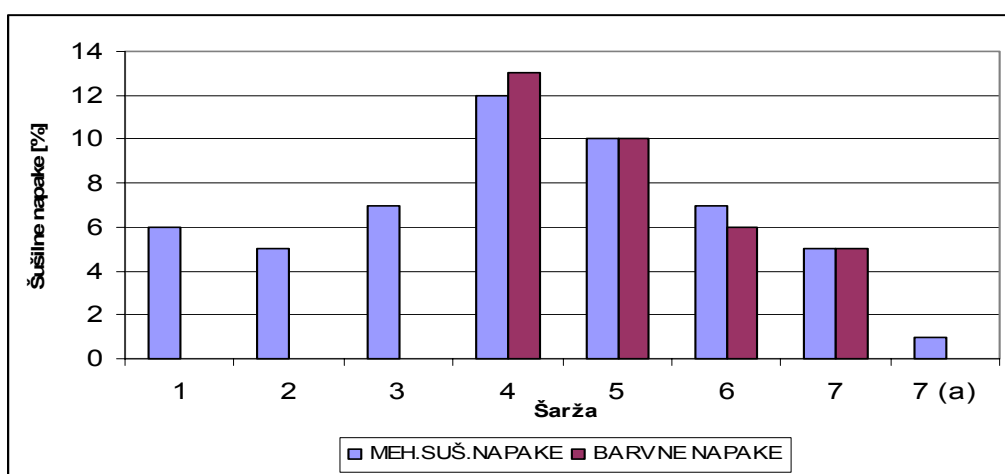
Pri sušenju bukovih desk debeline 32 in 38 mm (šarža 1, 2 in 3) smo dobili razmeroma dobre rezultate pri testiranih sušilnih procesov v pomladanskem delu (2005). Časi sušenja, ki so bili doseženi, so bili popolnoma primerljivi s časi sušenja po standardnih režimih. Povprečna sušilna hitrost (sl. 16) v območju vlažnosti od $u_{ZAČ.}$ do u_{TNCS} je bila 2,5 %/dan sušenja, v območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ je bila povprečna sušilna hitrost 1,6 %/dan sušenja in v območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pa je bila sušilna hitrost 1,2 %/dan sušenja. Sušilne hitrosti so bile ustrezne oziroma zadovoljive saj se je obarvanje pojavilo zgolj na mestih napak in anomalij. Delež mehanskih (pregl. 9) sušilnih napak (predvsem čelne razpoke) je bil v povprečju 6 % za vse tri šarže. Po končanem sušenju so deske debeline 32 in 38 (šarža 1, 2 in 3) ustrezale zahtevam po beli bukovini.



Slika 16: Povprečne sušilne hitrosti v območjih vlažnosti od $u_{ZAČ.}$ do u_{TNCS} , od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ in od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pri vseh šaržah

Pri sušenju bukovih desk debeline 50 mm (šarža 4, 5, 6 in 7) se je na začetku sušilnih procesov pojavil problem večdnevnega nedoseganja načrtovanih sušilnih parametrov (ravnovesne vlažnosti) v sušilni komori. To pa pomeni, da na samem začetku sušenja nismo dosegli ustrezne oziroma zelene sušilne hitrosti, kar vodi v podaljšanje sušilnega ciklusa oziroma v primeru, da klimatske razmere (visoka ravnovesna vlažnost ob ustrezni temperaturi in lesni vlažnosti) dlje časa ustrezne za razvoj plesni in površinskega obarvanja. Pri vseh šaržah (4, 5, 6 in 7) bukovih desk debeline 50 mm se je pojavilo prehodno obarvanje (pregl.10) sredice desk v območju med 30 in 20 % vlažnosti lesa. Poglavitni vzroki za obarvanje so zmanjšanje sušilne hitrosti (pod 0,9 %/dan) v območju vlažnosti (pregl. 8) pod u_{TNCS} ko se začne sušiti sredica. V nadaljevanju sušenja se sušilna hitrost ni bistveno povečala tako, da se je obarvanje sredice iz prehodnega spremenilo v temnega.

Pri sušenju šarže 5 (podobno tudi šarža 4) smo ugotovili, da so bile sušilne hitrosti (sl. 16) v območju vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} zadovoljive (2,2 %/dan), območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ je bila povprečna sušilna hitrost 0,7 %/dan sušenja in v območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pa je bila sušilna hitrost 0,9 %/dan sušenja. Vlažnostni gradient (sl. 14) oziroma razlika med vlažnostjo površine in sredine deske v kritičnem vlažnostnem območju (u_{TNCS} do $u_{20\%}$) za obarvanje je bila tudi do 6,5 %/cm, kar je verjetno ob majhni sušilni hitrosti lahko vzrok za formiranje obarvanja v sredini deske. V nadaljevanju sušenja ($u_{20\%}$ do $u_{10\%}$) se je zaradi dolgotrajnega počasnega sušenja obarvanje sredine deske iz prehodnega spremeni v temno, prav tako se barva površinskega sloja deske spremeni iz svetle v prehodno. Med sušenjem se je pojavil razmeroma velik delež (sl. 17) desk s pristnostjo sušilnih napak (pribl. 20 %), ki predstavljajo mehanske napake sušenja (10 %) in obarvanje lesa (10 %), ki dodatno razvrednotijo žagan les.



Slika 17: Delež desk z mehanskimi napakami suš. in napak obarvanja po posameznih šaržah

Pri sušenju šarže 6 in 7 smo ugotovili, da so bile sušilne hitrosti (sl. 16) na območju vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} zadovoljive (2,3 %/dan), na območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ je bila povprečna sušilna hitrost 0,9 %/dan sušenja in na območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pa je bila sušilna hitrost 0,85 %/dan sušenja. Ne glede na to, da je bil žagan les pripravljen pri šarži 6 iz hlodovine, ki je bila daljši čas skladiščena na skladišču hlodovine (polivana), se sušilne hitrosti in gradienti niso bistveno razlikovali od šarže 7, ki je bila pripravljena iz hlodovine, ki je bila posekana po končani vegetaciji in v najkrajšem času predelana in polnjena v sušilno komoro.

Gradienti so bili (pregl. 11) že v območju vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} v povprečju blizu 5 %/cm, v območju vlažnosti (u_{TNCS} do $u_{20\%}$) je bil gradient 6 %/cm in v območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ približno 3 %/cm. Pri šarži 6 je že na samem začetku zaradi prepočasnega sušenja na površini začela razvijati plesen. V nadaljevanju sušenja pa se je sušilna hitrost povečala in se je blago prehodno obarvanje v sredini vzorčne deske pojavilo približno pri 23 % vlažnosti. Pri šarži 7 smo v primerjavi s šaržami 4, 5 in 6 izredno hitro uspeli doseči načrtovane procesne parametre, kar je omogočilo zelo dobre sušilne hitrosti na začetku sušenja. V nadaljevanju sušenja smo morali zaradi visoke temperature spremeniti režim sušenja, kar se je odrazilo s krajšo prekinitvijo sušenja, ki je povzročila prehodno obarvanje

sredine desk že pri vlažnosti lesa 28 %. V nadaljevanju sušenja ($u_{20} \%$ do $u_{10} \%$) se je zaradi počasnega sušenja (0,9 %/dan) obarvanje sredine deske iz prehodnega v manjšem delu spremenila v temno, vendar pa se barva površinskega sloja ni spremenila in je ostala svetla.

Delež nastalih mehanskih sušilnih napak (sl. 17) je bil približno 5 % in 7 % zaradi temnega obarvanja sredine deske.

Iz šarže 7 smo pri vlažnosti 30 % izbrali zložaj desk debeline 50 mm, ki smo ga primerno kondicionirali in ohladili. Iz zložaja desk smo pripravili planske decimirane elemente, ki smo jih najprej sušili v komori (šarža 7 a) skupaj s svežimi deskami debeline 32 mm s prilagojenim režimom (preg. 6) za debelino 32 mm. Sušilna hitrost (sl. 16) v območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20} \%$ je bila 1,3 %/dan sušenja, kar je razmeroma visoko za sušenje debeline 50 mm. Decimirane elemente smo pri 19 % vlažnosti premaknili v drugo sušilnico, kjer smo dosuševali (sušenje iz $u_{15} \%$ na $u_8 \%$) elemente za lepljene plošče. Sušilna hitrost v območju vlažnosti od $u_{19} \%$ do $u_8 \%$ je bila 1,8 %/dan sušenja, kar je zelo visoka sušilna hitrost, ki se je pri sušenju desk debeline 50 mm (šarža 4, 5, 6 in 7) ni moglo doseči. Gradient vlažnosti (pregl. 11) pri sušenju decimiranih elementov je bil v območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20} \%$ za 40 % nižji (3,5 %/cm) v primerjavi z deskami iz šarže 7. Prav tako je bil gradient vlažnosti v območju vlažnosti od $u_{19} \%$ do $u_8 \%$ bistveno nižji (2 %/cm) kot tisti pri sušenju šarže 7 v enakem območju vlažnosti. Pri sušenju decimiranih elementov se ni pojavilo omembe pomembnih sušilnih napak.

Rezultati potrjujejo pomembno vlogo lesne vlažnosti, časa in hitrosti sušenja pri obarvanju bukovine. Padanje vlažnosti lesa je v tesni povezavi z naraščanjem koncentracij plinov v lesni strukturi. Ugotavljamo, da hitre spremembe vlažnosti vplivajo na nastanek diskoloracij zaviralno. Preveliki padci vlažnosti lahko zaradi prisotnega notranjega upora lesa proti transportu vode povzročijo napetosti, ki lahko povzročijo razpoke. Prepočasno sušenje bukovine pa pospešuje nastanek barvnih sprememb. Z vidika barvnih sprememb nastopi kritična stopnja za obarvanje v območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20} \%$, ki pa se ob počasnem sušenju v nadaljevanju samo povečuje. Pri sušenju decimiranih elementov, ki so ustrezno kondicionirni (bistveno manjši gradient kot pri deskah) in imajo večjo površino izhlapevanja je verjetnost obarvanja bistveno nižja.

6 SKLEPI

Rezultate eksperimentalnega dela povzemamo v naslednje sklepe :

1. Daljši časi skladiščenja svežega lesa (npr. več tednov) pri visoki a nasičeni vlažnosti ($u \sim 100\%$) in višjih temperaturah ($T \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) ohranjajo ali celo povečujejo možnost abiotskega, encimsko oksidativnega obarvanja lesa. Ob izpostavitvi lesa neugodnim klimatskim razmeram (vlažna skladišča, pogoste padavine) se verjetnost pojava obarvanja še povečuje.
2. Kritično vlažnostno območje za nastanek in razvoj sušilničnega obarvanja pri normalnotemperaturnem konvekcijskem sušenju sega od lesnih vlažnosti, pri katerih prihaja do prvih vdorov atmosferskih plinov, pa vse do vlažnosti nekoliko pod nasičenje čeličnih sten, oziroma do meje biološke odpornosti.
3. Naraščanje temperature v »kritičnem vlažnostnem območju« ob dovolj dolgem zadrževanju lesa pri konstantnih vlažnostnih pogojih pomeni večjo nevarnost in verjetnost za nastanek obarvanja. Pri sušenju bukovine in ostalih belih lesov se poslužujemo nizkih temperatur (25 do $28\text{ }^{\circ}\text{C}$) na začetku sušenja. V nadaljevanju temperaturo postopoma dvigujemo, pri lesni vlažnosti 20% dvignemo temperaturo sušenja na $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri vlažnosti lesa 15% lahko dvignemo temperaturo sušenja na $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, pri tej temperaturi tudi končamo sušenje.
4. Sušilna hitrost in temperatura imata v »kritičnem vlažnostnem območju« pomembno vlogo pri nastanku in razvoju obarvanja. Padec lesne vlažnosti predvsem pri debelejših sortimentih za manj kot 1% /dan pomeni večtedenske ugodne razmere za barvne spremembe. Sušilne hitrosti, ki so višje od 3% /dan v veliki meri onemogočijo nastanek obarvanja. Sušilne hitrosti, ki so manjše od 1% /dan pri debelejših sortimentih hitro privedejo do obarvanja sredice oziroma tako imenovanega »sendviča«.
5. Pri debelejših sortimentih lahko uporabimo tudi tehnološki postopek sušenja pri katerem pri 30% lesne vlažnosti prekinemo sušenje in les kondicioniramo ter ohladimo. V nadaljevanju deske debeline 50 in 60 mm razžagamo v planske decimirane elemente. Pri tem pa pridobimo večjo površino izhlapevanja in izenačitev vlažnosti po prerezu, kar v nadaljevanju omogoča dovolj veliko sušilno hitrost, da pripeljemo sušenje do zelene končne vlažnosti brez obarvanja.

7 POVZETEK

Naša osnovna surovina pri obstoječi proizvodnji je masiven les bukve (*Fagus sylvatica* L.), ki pa je zelo občutljiv na obarvanje, ki se najpogosteje pojavlja med procesom sušenja. S strani naših odjemalcev decimiranih elementov pa raste povpraševanje po svetlih lesnih vrstah, kar pomeni, da morebitno obarvanje lesa povzroči kakovostno razvrednotenje materiala.

Predvidevamo, da s pravilnim postopkom izvajanja ustreznih zaščit že od samega poseka hlodovine lahko bistveno omejimo ali celo preprečimo nastanek obarvanja, ki se najpogosteje pojavi predvsem med postopkom sušenja. Zaradi tega smo pri bukovini želeli raziskati, kako nastanek in razvoj negativnih sušilničnih barvnih sprememb vplivajo (a) parametri sušenja (temperatura, sušilna hitrost, lesna vlažnost in čas izvajanja sušilnega postopka), (b) priprava zložajev (debelina distančnih letvic), (c) debelina sušenih sortimentov, (d) aerodinamika sušilne komore in hitrost gibanja zraka skozi zložaj in (e) sušenje žaganega lesa v primerjavi s sušenjem decimiranih elementov. Testiranje smo vršili v industrijskih normalno temperaturnih konvekcijskih sušilnih komorah.

Pri sušenju bukovih desk debeline 32 in 38 mm smo dobili razmeroma dobre rezultate pri uporabi spremenjenega režima (pregl. 6) za debelino desk 25 do 38 mm. Sušenje smo vršili v sušilnih komorah tipa A (pregl. 2) kjer so bili pretoki zraka od 1,4 do 2,3 m/s. Sušilne hitrosti so bile v območju vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} 2,8 %/dan sušenja, v območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ je bila povprečna sušilna hitrost 1,6 %/dan sušenja in v območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pa je bila sušilna hitrost 1,2 %/dan sušenja. Čas trajanja sušilnega ciklusa se ni bistveno podaljšal od časov sušenja s standardnimi režimi kljub temu, da smo uporabili bistveno nižje temperature sušenja. Barva lesa po končanem ciklusu sušenja je v veliki meri zadostovala zahtevam po beli bukovini, le posamezne deske so imele v sredini blago obarvanje oziroma t.i. »sendvič«

Pri sušenju bukovih desk debeline 50 mm pa se je na samem začetku sušilnega ciklusa pojavil problem nedoseganja načrtovanih procesnih parametrov (ravnovesna vlažnost), ki je pri šarži 4, 5, 6 in 7 trajalo približno 7 dni. V tem času je bila sušilna hitrost razmeroma majhna, pri šarži 6 pa je bila tako majhna, da se je že na samem začetku na površini pojavila plesen, kjer je na nekaterih mestih prešlo do obarvanja sloja tik pod površino deske. V nadaljevanju je sušenje potekalo po zastavljenem režimu (pregl. 4), razen pri šarži pet, kjer je prišlo do daljšega izpada električne energije. Pretoki zraka so bili v povprečju 1,8 m/s (A) in so bili razporejeni tako, da so bili pretoki v tretjem zložaju (zgoraj) blizu 2,3 m/s in v spodnjem zložaju na posameznih mestih tudi pod 1,4 m/s in v sušilnicah tipa (B) pa so bile hitrosti 1,6 do 3,6 m/s. Distančne letvice so bile dimenzije 25/25 mm, pri šarži 7 smo poizkusili sušenje z letvicami 32/32 mm, ki naj bi omogočale večji in bolj enakomeren pretok skozi zložaj. Časi sušenja so bili nekoliko daljši kot pri sušenju s standardnimi režimi, saj se je sušenje podaljšalo pri šarži 4 za 10 dni, pri šarži 5 in 6 za 4 dni, razen pri šarži 7 kjer je bil čas sušenja ustrezen (debelejše distančne letvice). Pri sušenju šarž 4, 5, 6 in 7 smo ugotovili, da so bile sušilne hitrosti v območju vlažnosti od u_{ZAC} do u_{TNCS} zadovoljive (2,3 %/dan), območju vlažnosti od u_{TNCS} do $u_{20\%}$ je bila povprečna sušilna hitrost 0,8 %/dan sušenja in v območju vlažnosti od $u_{20\%}$ do $u_{10\%}$ pa je bila sušilna hitrost 0,85 %/dan sušenja.

Povprečne sušilne hitrosti so bile prenizke za sušenje bele bukovine, saj je le ta bila pri šarži 4 in 5 v »kritičnem območju vlažnosti« le 0,7 %/dan sušenja. Pri šaržah 6 in 7 je bila povprečna sušilna hitrost v »kritičnem območju vlažnosti« 0,9 %/dan sušenja.

Pri vseh šaržah sušenja desk debeline 50 mm se je tvorilo obarvanje sredine desk oziroma »sendvič«. Območje »kritično za nastanek obarvanja« je bilo med lesno vlažnostjo 30 in 20 %. Najhitreje se je tvorilo obarvanje sredine desk pri šarži 7 (28 % lesne vlažnosti) in najkasneje pri šarži 6, ko je bila vlažnost lesa, ko se je pojavilo obarvanje, približno 21 %.

Iz šarže 7 smo odvzeli zložaj desk (ohlajen in kondicioniran), ki je imel povprečno vlažnost približno 30 % in na njem ni bilo opaziti nobenega obarvanja. V nadaljevanju smo deske razžagali v planske decimirane elemente, pri tem smo dobili večjo sušilno površino in izenačitev vlažnosti po debelini. Sušenje decimiranih elementov smo nadaljevali z blagim režimom (skupaj s svežimi deskami debeline 32 mm) do vlažnosti 19 %. V nadaljevanju smo elemente sušili skupaj z dosušitvijo z ostalimi elementi na končno vlažnost 8 %, z režimom 50 °C in ravnovesno vlažnostjo 12 % na začetku, ter po petih dneh z režimom 60 °C in ravnovesno vlažnostjo 6,5 %. Na začetku sušenja decimiranih elementov ni bilo opaziti nobenega obarvanja, prav tako je bilo po končanem sušenju (dosušitvi).

Ugotavljam, da temperatura pri normalno temperaturnem sušenju vpliva na barvne spremembe lesa le v povezavi s sušilno hitrostjo in z njo povezanim časom zadrževanja v »kritičnem vlažnostnem območju«. Kot kritično vlažnostno območje za nastanek barvnih sprememb se je pri deskah debeline 50 mm izkazalo območje med vlažnostjo 30 in 20 %. Rezultati nakazujejo, da intenzivnost obarvanja lesa v kritičnem vlažnostnem območju narašča z višanjem temperature sušenja in relativno zračno vlažnostjo ter časom zadrževanja pri teh pogoji (majhna sušilna hitrost).

Za razvoj preventivnih ukrepov je s tehnološkega vidika potrebno natančno poznavanje problematike obarvanja lesa. Glede na ugotovljeno, priporočamo pri normalno temperaturnem komorskem konvekcijskem sušenju lesa uporabo višjih sušilnih hitrosti, ki pa hkrati ne smejo, zaradi prekoračitve trdnosti materiala, povzročiti njegove mehanske degradacije. Omiljenje barvnih sprememb lesa je mogoče doseči tudi z ustreznimi pogoji sečnje (zimsko), hitrim spravilom lesa ter primernim skladiščenjem. Z zelo ugodnimi rezultati se je izkazalo sušenje predušenih (na vlažnost desk 30 %) decimiranih elementov, ki se v nadaljevanju sušenja niso obarvali.

8 VIRI

- ALBERT L., NÉMETH ZSL., BIDLÓ A., KOLOSZÁR J., VARGA SZ., TAKÁCS L. 1998a
Eltérésék a vörös geszt bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyagának kémiai
paramétereiben. Faipar, 46, 1: 36 – 37
- ALBERT L., NÉMETH ZSL., KOLOSZÁR J., VARGA SZ., TAKÁCS L. 1998 b. Aszabad
es kötött savtartalom sugárirányú változása a vörös geszt bükk (*Fagus sylvatica* L.)
faanyagában. Faipar, 46, 2: 23 – 24
- ALBERT L., NÉMETH ZSL., KOLOSZÁR J., VARGA SZ., TAKÁCS L. 1999 a. Radial
variation of PH and buffer capacity in the red-heartwood beech (*Fagus sylvatica* L.)
wood. Holz Roh Werkstoff, 57, 1: 75 – 76
- BAUCH J. 1980. Variation of wood structure due to the secondary changes. Mitteilungen der
Bundersforschungsanstalt für Forst – und Holzwirtschaft in Hamburg, 131: 69 – 97
- BAUCH J. 1984. Discoloration in the wood of living and cut trees. IAWA Bulletin, 5:
92 – 98
- BAUCH J. 1986. Verfärbungen von Rund- und Schnittholz und Möglichkeiten für
vorbeugende Schutzmaßnahmen. Holz-Zentralblatt, 112: 2217 - 2218
- BOSHARD H. H. 1965. Aspects of the Aging Process in Cambium and Xylem.
Holzforschung, 19: 65 – 69
- BOSHARD H. 1967. Facultative formation of coloured heartwood. Holz als Roh- und
Werkstoff, 25, 11: 409 – 416
- BOSHARD H. H. 1974. Holzkunde. Band 2. Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes.
Basel und Stuttgart, Birkhauser: 312 str.
- BRUNNER R. 1987. Die Schnittholztrocknung, 5. Auflage. Hannover, Buchdruckwerkstätten:
322 str.
- DIETRICH H. H. 1974. Chemisch – physiologische Untersuchungen über die Splint-
Kern – Umwandlung der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), ein Beitrag zur Frage
der Holzerkernung. Mitteilungen der BFH, 58:141.
- EBERMAN R., STICH K. 1985. Distribution and seasonal variation of wood
peroxydase activity in oak (*Quercus robur* L.). Wood and Fiber Science, 17, 3:391-
396
- FREY – WYSSLING A., BOSSHARD H. H. 1959. Cytology of the Ray Cells in Sapwood
and Heartwood. Holzforschung, 13, 5:129 – 137
- GORIŠEK Ž. 1995. Problematika obarvanja lesa v procesu sušenja. Les, 47. 7/8:
228 – 230

- HÖSTER H.-R. 1974. Verfärbungen bei Buchenholz nach Wasserlagerung. Holz als Roh- und Werkstoff 32: 270-277
- JAROSCHENKO G. 1935. Der Einfluss der natürlichen Reinigung des Stammes von Ästen auf die Bildung des falschen Kerns bei der Buche und einiger ähnlichen Bildungen bei anderen Holzarten. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 57: 375 – 385
- KOCH G., BAUCH J., PULS J., SCHWAB E., WELING J. 2000. Vorbeugung gegen Verfärbungen von Rotbuche. Holz-Zentralblatt, 126, 6: 1-6
- KISSELOFF P. 1991. Trocknen und Dämpfen von Buchenschnittholz. Vortag Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 142:407 – 414
- KOLMANN F., KEYLWERTH R., KUBLER H. 1951. Verfärbungen des Vollholzes und Furniere bei der künstlichen Holz Trocknung. Holz als Roh- und Werkstoff, 9, 10: 382 – 391
- KUČERA L. 1971. Wundgewebe in der Eibe (*Taxus baccata* L.) Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, 117: 445 – 469
- LINDGREN R. M., WRIGHT E. 1954. Increased absorptiveness of molded Douglas fir posts. Journal of the Forests Products Research Society, 4, 4: 162 – 164
- LIESE W. 1958. Der Schutz des Buchenstammholzes gegen Risse, Einlauf und Verstocken. Holz- Zentralblatt, 84: 91 - 92
- MACRAE R., ROBINSON R. K., SADLER M. J. 1993. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. London, Academic Press, 1629 – 1637 str.
- MCEVILY A. J., IYENGAR R. 1992. Inhibition of Enzymatic Browning in Foods and Beverages Critical Reviews in Foods Science and Nutrition, 32, 3:253 -269
- NAGODAWITHANA T., REED G. 1993. Enzymes in Food Processing. Third Edition. San Diego, Academic Press, 237 str.
- NEČESANÝ V. 1966. Die Vitalität der Parenchymzellen als physiologische Grundlage der Kernholzbildung. Holzforschung und Holzverwertung, 18, 4: 61-65
- NEČESANÝ V. 1969. Forstliche Aspekte bei der Entstehung des Falschkerns der Rothbuche. Holz – Zentralblatt, 95:563 – 564
- PHELPS J. E., MC. GINNES E. A., GARETT H. E., COX G. S. 1983. Growth-quality evaluation of black walnut wood. Part II. Color analyses of veneer produced on different sites. Wood Fiber Science, 15, 2:177 – 185
- PEEK R-D. 1990. Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel – und Laubholz. Holz-Zentralblatt, 116: 646

- PLATH E., PLATH L. 1955. Papierchromato graphische Untersuchung an Dämpfkondensaten von Rotbuche. Holz als Roh-und Werkstoff, 13, 6:226 – 237
- RACZ J., SCHULZ H., KNIGGE W. 1961. Untersuchungen über das Auftreten des Buchenrotkerns. Forst- und Holzwirt, 16, 19: 413 – 417
- RINK G., PHELPS J. E. 1989. Variation in heartwood and sapwood properties among 10-year old block walnut trees. Wood and Fiber Science, 21, 2:177 – 182
- SACHSEE H. 1965. Untersuchungen über den Einfluss der Ästung auf die Farbkern - und Zugholzausbildung einiger Pappelsorten. Holz als Roh-und Werkstoff, 23, 11:425-434
- SCHULZ G. 1956. Exploratory tests to increase preservative penetration in spruce anaspen by molden infection. Forests products Journal, 6, 2:77 – 80
- SELING I., LEWARK S. 1993. Wasserlangerung von Buchenstammholz. Holz - Zentralblatt, 119:1605 – 1610
- STRAŽE A. 2000. Vpliv sušilnih parametrov na hitrost in intenzivnost obarvanja jesenovine in bukovine, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 74 str.
- TORELLI N. 1974. Biološki vidiki ojedritve s povdarkom na fakultativno obarvani jedrovini (rdečem srcu) pri bukovini (*Fagus sylvatica* L.). Gozdarski vestnik, 32, 7/8:253 – 281
- TORELLI N. 1979. Beitrag zur Ökologie und Physiologie der fakultativen Farbkernbildung bei der Rothbuche (*Fagus sylvatica* L.). Dissertation an der Humboldt-Universität Berlin
- TORELLI N. 1984. The ecology of wood as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.). IAWA Bulletin, 5, 2:121 – 127
- WEGENER G., FENGEL D. 1988. Zum Stand der chemischen und mikroskopischen Untersuchungen an trocknungsverfärbten Eichenschnittholz. Holz- Zentralblatt, 114: 2238 – 2241
- WILKINS A. P., STAMP C. M. 1990. Relationship between wood colour, silvicultura treatment and rate of growth in Eucalyptus grandis Hill (Maiden). Wood Science and Technology, 24, 4: 297 – 304
- ZABEL R. A., MORELI J. J. 1992. Wood Microbiology. Decay and its prevention. San Diego, New San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, Acedemic Press, 476 str.
- ZIMMERMANN G. 1974. Untersuchungen über Art und Ursachen von Verfärbungen an Bergahorn - Stammholz (*Acer pseudoplatanus* L.). Forstwissenschaftliches Zentrablatt, 93: 247 – 261
- ZINK P., FENGEL D. 1988. Studies on the colouring matter of blue- stain fungi. Part 1. General characterization and associated compounds. Holzforschung, 42, 6:217 – 220

ZINK P., FENGEL D. 1989. Studies on the colouring matter of blue- stain fungi. Part 2. Electron microscopic observations on the hyphae walls. *Holzforschung*, 43, 6: 371 – 374

ZINK P., FENGEL D. 1990. Studies on the colouring matter of blue- stain fungi. Part 3. Spectroscopic studies on fungal and syntnetic melanins. *Holzforschung*, 44, 3: 163 – 168

ZYCHA H. 1948. Über die Kernholzbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. *Forstwissenschaftliches Zentralblatt*, 67, 2: 80 - 109

8 ZAHVALA

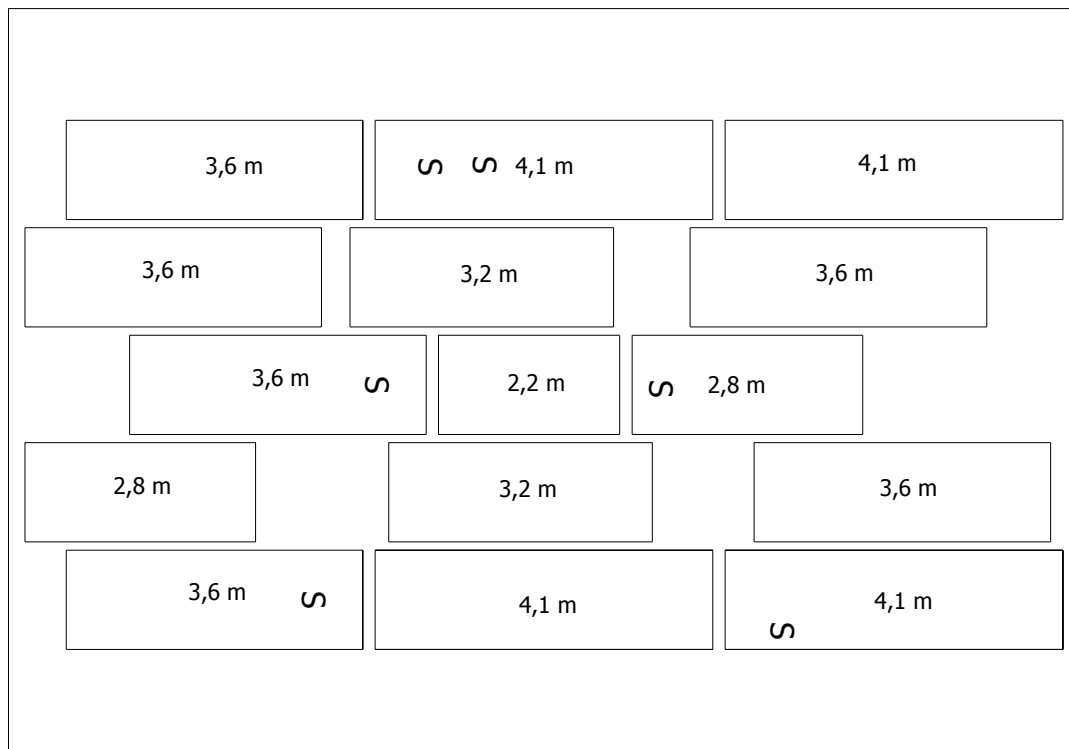
Delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologijo lesa. Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, v letih 2005 in 2006.

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se najlepše zahvaljujem mentorju prof. dr. Željku Gorišku, za podporo in vzpodbude, raziskovalne ideje, strokovno pomoč ter konstruktivno kritiko. Hvala recenzentki prof.dr. Katarini Čufar za pregled diplomske naloge. Hvala sodelavcem iz Novolesa, ki so mi pri študiju in izdelavi diplomske naloge stali ob strani.

Iskrena hvala vsem drugim, ki so mi pri študiju in izdelavi diplomske naloge stali ob strani in mi kakorkoli pomagali.

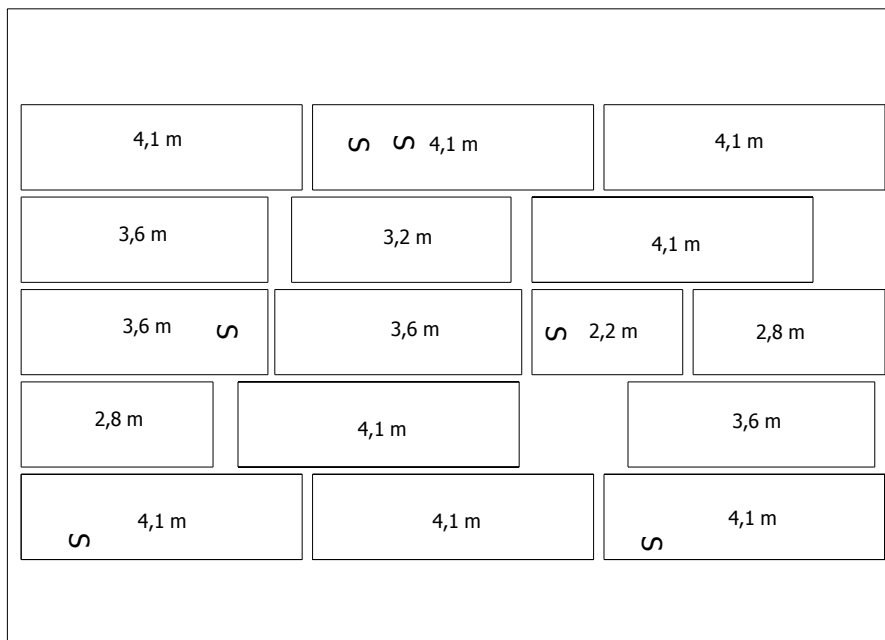
9 PRILOGE

Priloga A.1 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 1



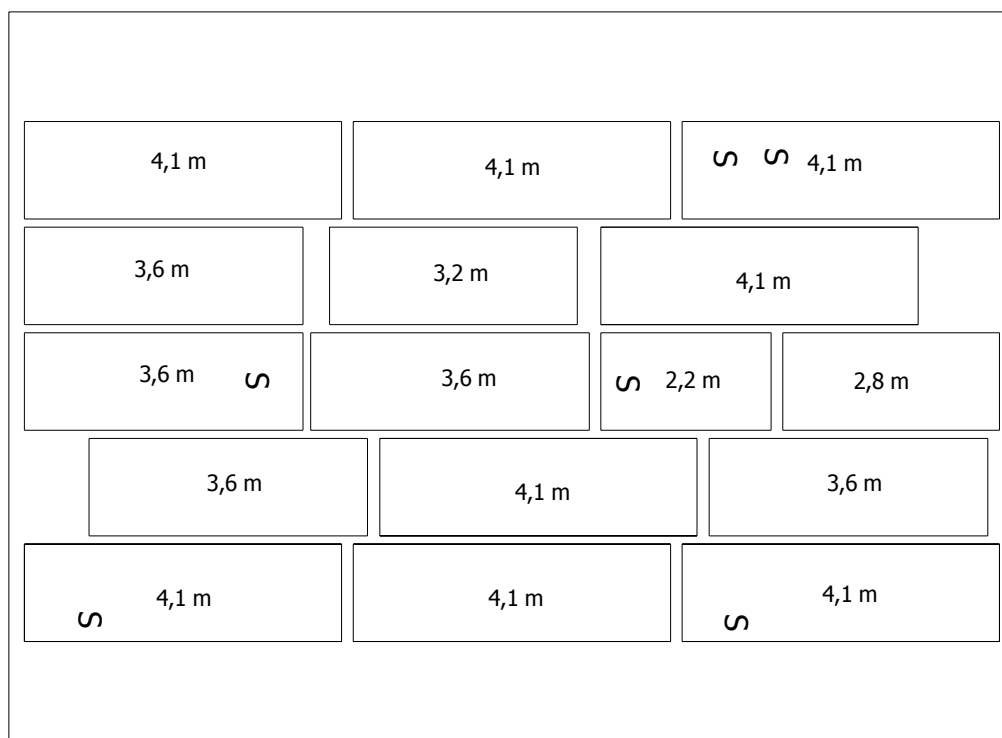
ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1,08	4,1	0,364	1,934	12	23,209
2	1,2	1,08	3,6	0,364	1,698	18	30,564
3	1,2	1,08	3,2	0,364	1,509	6	9,054
4	1,2	1,08	2,8	0,364	1,320	6	7,92
5	1,2	1,08	2,2	0,364	1,037	3	3,111
					SKUPAJ:	48	73,858

Priloga A.2 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 2



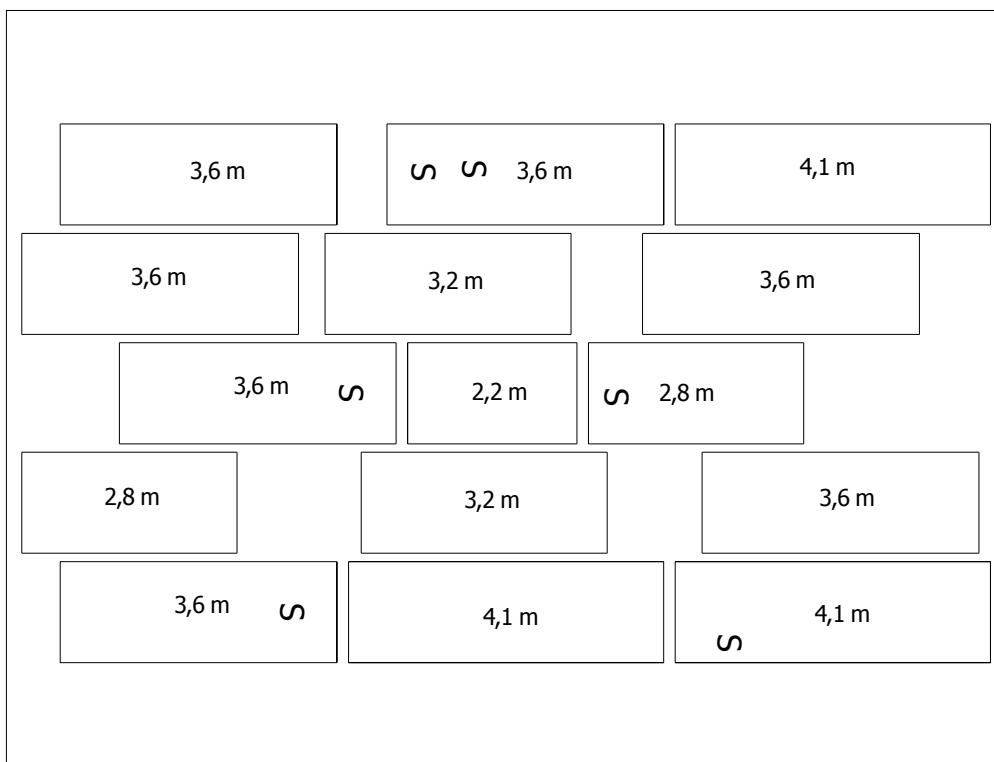
ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1,08	4,1	0,364	1,934	24	46,416
2	1,2	1,08	3,6	0,364	1,698	12	20,376
3	1,2	1,08	3,2	0,364	1,509	3	4,527
4	1,2	1,08	2,8	0,364	1,320	6	7,92
5	1,2	1,08	2,2	0,364	1,037	3	3,111
					SKUPAJ:	48	82,35

Priloga A.3 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 3



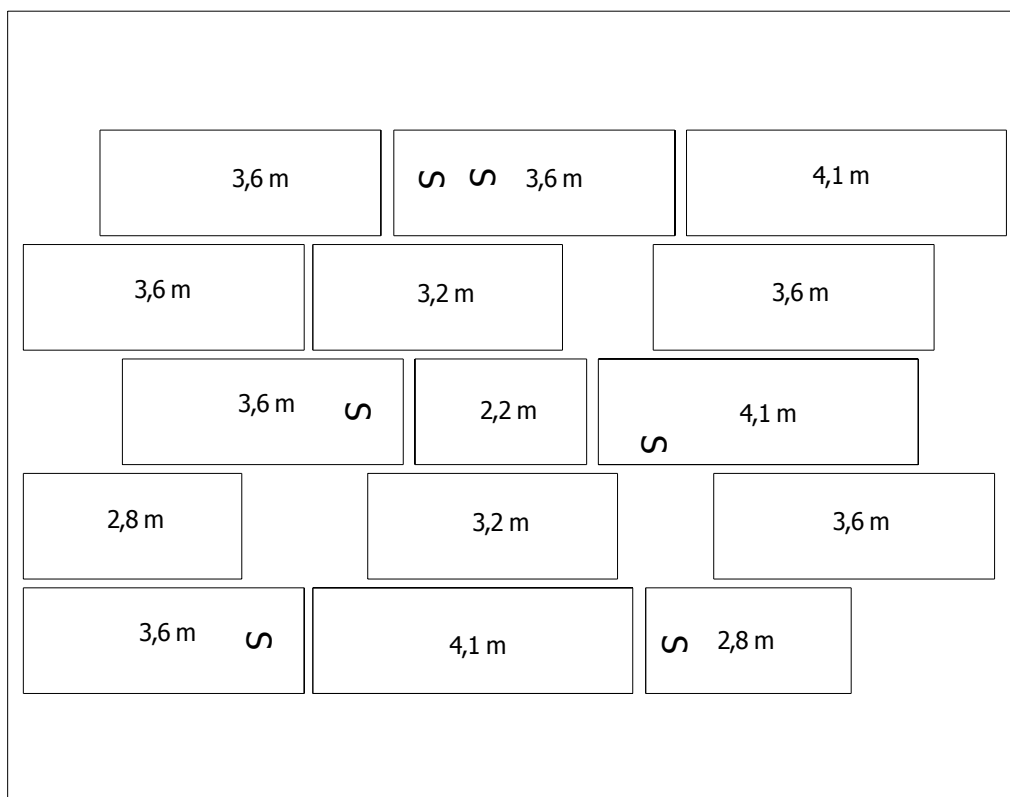
ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1,08	4,1	0,405	2,152	24	51,648
2	1,2	1,08	3,6	0,405	1,889	15	28,2
3	1,2	1,08	3,2	0,405	1,679	3	5,037
4	1,2	1,08	2,8	0,405	1,469	3	4,407
5	1,2	1,08	2,2	0,405	1,154	3	3,462
					SKUPAJ:	48	92,74

Priloga A.4 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 4



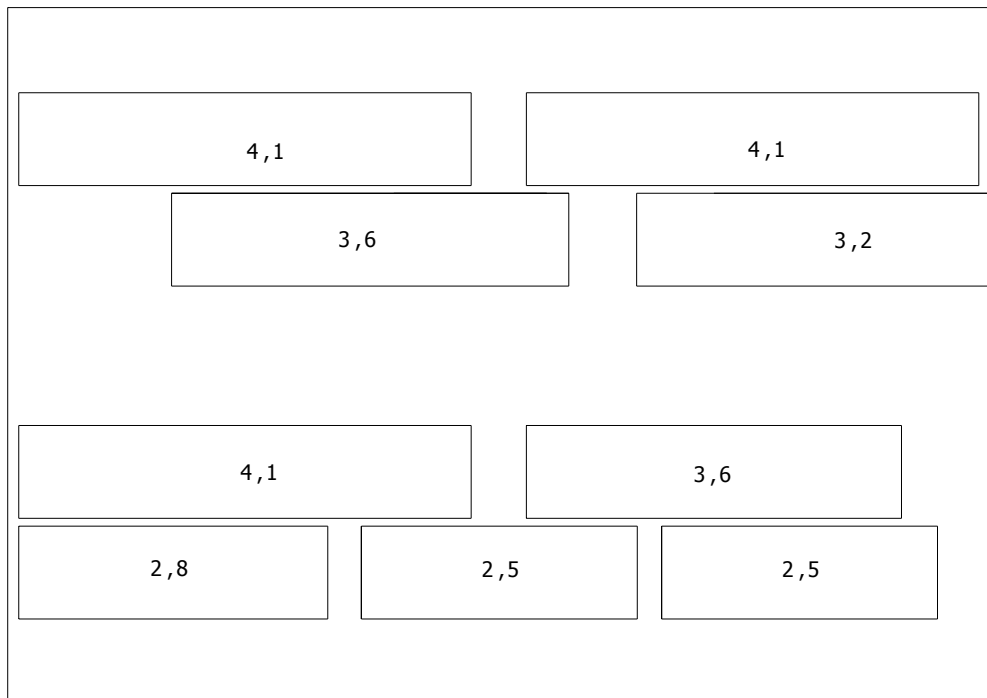
ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP. PROS. (m ³)
1	1,2	1,08	4,1	0,45	2,391	9	21,519
2	1,2	1,08	3,6	0,45	2,099	21	44,079
3	1,2	1,08	3,2	0,45	1,866	6	11,196
4	1,2	1,08	2,8	0,45	1,633	3	4,899
5	1,2	1,08	2,2	0,45	1,283	3	3,849
					SKUPAJ:	42	90,441

Priloga A.5 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 5



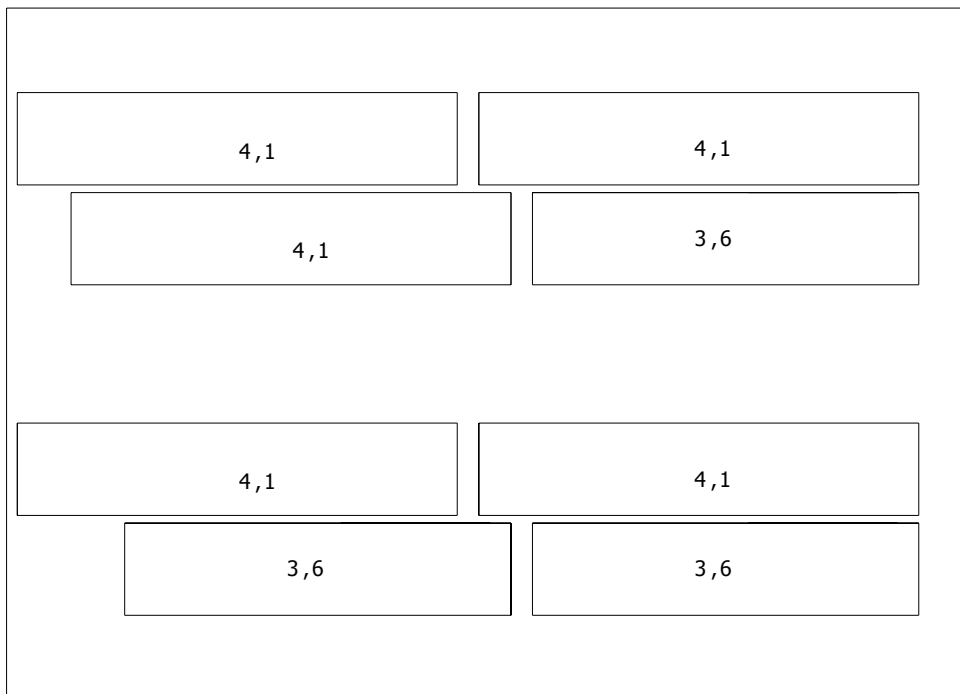
ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1	4,1	0,45	2,214	12	28,692
2	1,2	1	3,6	0,45	1,944	21	40,824
3	1,2	1	3,2	0,45	1,728	6	10,368
4	1,2	1	2,8	0,45	1,512	6	9,072
5	1,2	1	2,2	0,45	1,188	3	3,564
					SKUPAJ:	48	92,52

Priloga A.6 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 6



ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1	4,1	0,45	2,214	9	19,926
2	1,2	1	3,6	0,45	1,944	6	11,664
3	1,2	1	3,2	0,45	1,728	3	5,184
4	1,2	1	2,8	0,45	1,512	3	4,536
5	1,2	1	2,5	0,45	1,35	6	8,1
					SKUPAJ:	27	49,41

Priloga A.7 Razpored zložajev in zapolnjenost šarže 7



ZLOŽAJ	ŠIRINA (m)	VIŠINA (m)	DOLŽINA (m)	FAKTOR	PROS. LESA (m ³)	ŠT. ZLOŽAJEV V KOMORI	SKUP.PROS. (m ³)
1	1,2	1	4,1	0,45	2,214	15	33,21
2	1,2	1	3,6	0,45	1,944	9	17,5
					SKUPAJ:	24	50,71

Priloga B.1 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 1

ČAS (dan)	ČAS (h)	VLAŽNOST u [%]						
		1.KOS. POVRŠINA	1. KOS - SREDINA	2. KOS	3. KOS	4. KOS	5. KOS	POVPREČJE
1	24	50	56,6	56,2	63	57,6	50,8	56,8
2	48	49,3	56,3	55,7	60,3	54,1	48,8	55
3	72	45,5	54,5	52,8	60,2	52,1	46,6	53,2
4	96	40,9	52,6	50,6	60	50,8	43,3	51,5
5	120	37,4	48,2	47,6	57,7	45,6	36,6	47,1
6	144	34,5	44,8	45,1	53,6	40,9	30,3	42,9
7	168	30,9	41,5	40,5	50,1	37,5	27,8	39,5
8	192	28,1	38,5	37,8	47,3	34,4	26,1	36,8
9	216	25,4	34,8	35,4	41	31,1	24,5	33,4
10	240	24,4	32,2	33,9	37,4	28,9	23,7	31,2
11	264	23,4	31,3	32,4	34,5	27,4	23	29,7
12	288	22,3	29,9	30,2	31,2	25,2	21,5	27,6
13	312	21,6	28,7	29,3	29,6	23,8	21,1	26,5
14	336	21,2	27,4	27,8	27,2	22,5	20,4	25,1
15	360	20,5	26,9	26,3	25,7	21,4	19,4	23,9
16	384	19,1	25,6	25,3	24,9	20	18,2	22,8
17	408	17,5	22,7	24,5	22,6	18,1	16,3	20,8
18	432	17,4	21,3	25,1	21,5	17,3	16	20,2
19	456	16,1	19,4	24,4	19,4	16	14,9	18,8
20	480	14,8	18,1	23,6	17,8	15,1	13,9	17,7
21	504	13,6	16,9	21,4	16,5	14,2	13,6	16,5
22	528	10,7	13,6	16,4	13,2	11,4	10,4	13
23	552	9,6	12,6	13,8	12	10,7	9,7	11,8
24	576	9	11,6	12,5	11	9,9	8,7	10,7
25	600	8,6	11,2	12	10,6	9,6	8,4	10,4

Priloga B.2 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 2

ČAS [dan]	ČAS [h]	VLAŽNOST u [%]						
		1. KOS - POVRŠ.	1. KOS - SRED.	2. KOS	3. KOS	4. KOS	5. KOS	POVPREČJE
1	24	45,5	50,8	45,9	56,8	61,2	50,5	53
2	48	45,8	49,2	45,9	56,2	60,1	50	52,3
3	72	38,6	41	43,8	55,5	57,5	46,9	48,9
4	96	32,1	35,1	38,5	54,2	55,2	44,7	45,5
5	120	29,6	32,4	34,8	52,5	52,7	41,5	42,8
6	144	27,9	30,1	32,7	50,5	50,8	36,3	40,1
7	168	25,5	27,4	29,3	47,7	49,4	31,5	37,1
8	192	24	25,8	27,2	43,2	46,1	28,4	34,1
9	216	22,7	24,5	25,4	40,8	42,8	26,7	32
10	240	21,4	23,3	23,7	37,1	38,5	24,3	29,4
11	264	20,7	22,6	22,9	34,1	35,7	22,7	27,6
12	288	19,8	21,6	22,3	31,8	33,2	21,7	26,1
13	312	18,5	19,8	21	29,4	30,5	20,4	24,2
14	336	17,6	19,6	19,9	27,8	28,4	20,1	23,2
15	360	16,4	17,5	18,4	26,3	26,1	18,8	21,4
16	384	15,5	16,5	16,9	25,4	24,5	17,9	20,2
17	408	14,4	15,5	15,5	24,4	22,9	16,9	19
18	432	13,7	14,9	14,4	23,7	22,2	16,1	18,3
19	456	12,8	14	13,3	21,1	21,7	15,1	17
20	480	10,5	11,5	10,7	16,3	17,6	12,3	13,7
21	504	9,7	10,7	10,1	14,3	15,8	11,5	12,5
22	528	9,4	10,3	9,6	13,3	14,5	11	11,7
23	552	9,5	10,1	8,8	12,6	13,6	10,5	11,1
24	576	8,8	9,6	8,3	11,6	12,6	9,6	10,3

Priloga B.3 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 3

ČAS [dan]	ČAS [h]	VLAŽNOST u [%]						
		1. KOS – POVRŠINA	1. KOS - SREDINA	2. KOS	3. KOS	4. KOS	5. KOS	POVPREČJE
1	24	55,4	62,5	68	61,8	62,3	65,1	63,9
2	48	46,8	53,9	65,1	52	55	56,6	56,5
3	72	43,3	50,4	61,8	51,7	54,2	56,1	54,8
4	96	37,8	44,9	57,8	48,5	52,7	53	51,4
5	120	31,4	38,5	43,3	43,9	50,8	49,4	45,2
6	144	29,7	36,8	36,4	38,1	47,9	47,1	41,3
7	168	27,5	34,2	32,8	33,8	43,6	41	37,1
8	192	25,9	33,1	31,3	32,5	41,5	39	35,5
9	216	24,6	30,6	28,7	30,3	38	36	32,7
10	240	23,7	29,1	27,3	28,7	35,6	33,3	30,8
11	264	22,8	27,8	26	27,3	33,7	30,9	29,1
12	288	22,1	26,8	24,8	26	31,1	29,1	27,6
13	312	21,8	23,7	24	24,8	30,7	27,4	26,1
14	336	21,2	22,9	23,3	24,1	29,7	25,8	25,2
15	360	20,6	22,1	22,1	23,3	28,4	24,2	24
16	384	20,3	21,7	21,3	23,2	27,8	23,1	23,4
17	408	19,2	20,3	19,9	22,2	26,4	21,3	22
18	432	18,7	19,9	18,8	21,7	25,6	19,6	21,1
19	456	18,3	19,5	17,7	20,8	25	18,1	20,2
20	480	17,5	19,5	16,8	19,7	24,8	17	19,6
21	504	17,1	19,4	16,1	18,5	24,3	16,2	18,9
22	528	16,5	18,3	15,2	17,1	23,3	15,3	17,8
23	552	15,5	17,3	14,6	15,8	21,5	14,5	16,7
24	576	12,7	13,6	12,2	13	17,6	12,1	13,7
25	600	12	13	11,6	12,2	16	11,5	12,9
26	624	11,3	12,3	11	11,6	14,6	10,9	12,1
27	648	10,9	11,7	10,6	10,9	13,7	10,5	11,5
28	672	10,4	11,4	10,3	10,6	13,2	10,2	11,1
29	696	9,6	10,6	9,9	9,7	12,4	9,6	10,4

Priloga B.4 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 4

ČAS [dan]	ČAS [h]	VLAŽNOST u [%]						POVPREČJE
		1. KOS - POVRŠINA	1. KOS - SREDINA	2. KOS	3. KOS	4. KOS	5. KOS	
1	24	61	60	57,2	62,4	52,1	58,7	58,1
2	48	56,3	54,6	50,9	58,7	49,2	51,5	53
3	72	59,1	57,1	52,1	60,5	50,9	54,1	54,9
4	96	56,2	57	49,1	60,5	50,2	54,6	54,3
5	120	51,5	56,1	39,9	57,8	45,9	53	50,5
6	144	46,1	54,3	39,3	58,6	43,3	54,9	50,1
7	168	38,8	48,3	33,5	55	38,9	49,7	45,1
8	192	35,1	42	29,5	51,2	35,4	44,6	40,5
9	216	33,5	37,3	28,6	50,7	34,1	41,4	38,4
10	240	29,8	33,7	27,4	48,1	32,2	38,1	35,9
11	264	28,2	33,6	26,3	46	30,7	35,8	34,5
12	288	28,6	33,6	26,2	45	29,9	34,5	33,8
13	312	27,3	33,5	25,3	42,6	28,4	32,5	32,5
14	336	26,2	32,4	24,9	40,9	27,7	31,4	31,5
15	360	25,1	31,5	24,5	39,1	27	30,3	30,5
16	384	24	30,4	23,9	37,3	26,4	29,3	29,5
17	408	22,5	29	23	35,8	25,6	28,1	28,3
18	432	21,6	30,3	22,7	35,6	25,5	27,7	28,4
19	456	21,1	27,9	22,2	35,2	25	26,9	27,4
20	480	20,1	27,7	21,6	34,3	24,5	26,4	26,9
21	504	19,6	27,4	20,6	32,9	23,6	25,5	26
22	528	18,3	28	20,2	31,2	23,5	25,7	25,7
23	552	17,7	27,7	19,3	31	22,2	25	25
24	576	17	27,2	18,7	30,8	21,1	24,3	24,4
25	600	16,3	26,3	18,2	31,3	20,4	23,9	24
26	624	15,9	25,7	17,4	30,6	19,4	23	23,2
27	648	15	24,7	16,8	29,8	18,6	22,2	22,4
28	672	14,7	24,4	16,5	29,1	18,2	21,7	22
29	696	14,4	23,1	16,2	28,7	17,8	21,1	21,4
30	720	14,4	22,5	15,5	27,1	17,1	20,3	20,5
31	744	13,3	21,7	14,2	25,3	15,5	18,2	19
32	768	12,9	20,7	13,7	23,4	14,9	17	17,9
33	792	13,5	20,6	14,4	26,2	15,9	18	19
34	816	13,2	19,9	14,2	25,1	15,5	17,5	18,4
35	840	11,3	16,9	12,1	21,3	13,3	14,9	15,7
36	864	11	16,5	11,8	20	12,9	14,6	15,2
37	888	10,8	15,9	11,5	19,4	12,7	14,2	14,7
38	912	10,4	15,1	11,1	18,8	12,2	13,6	14,2
39	936	10,3	14,7	10,9	18,2	12	13,3	13,8
40	960	10	14	10,6	17,6	11,6	12,8	13,3
41	984	9,7	13,6	10,3	16,8	11,3	12,6	12,9
42	1008	9,5	13,2	10	15,9	11	12,3	12,5
43	1032	9,1	12,7	9,5	13,9	10,6	11,8	11,7
44	1056	8,9	12,1	9,2	12,6	10,3	11,5	11,1
45	1080	8,6	11,6	9	12,1	10	11,2	10,8

Priloga B.5 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 5 (h – čas sušenja, t – temperatura sušenja, Δ /EMC – sprememba ravnovesne vlažnosti, EMC – ravnovesna vlažnost, MC1 – MC6 – vlažnost kontrolnih kosov, POV.MC – povprečna vlažnost kontrolnih kosov, $\Delta u/\Delta t$ – sprememba vlažnosti % /h sušenja in vlaženje

datum :	čas(h)	t °C	Δ /EMC	EMC(%)	VLAŽNOST u [%]						PVL		
					MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	POV.MC	$\Delta u/\Delta t$	vlaženje
15. 4. 05	24	35	9,9	23,2	60,5	57,1	62,1	65,5	59,8	62,7	61,3	0,1765	NE
16. 4. 05	48	30	1,3	24,5	56,8	53,7	61,1	63,2	57,5	62,8	59,2	0,0875	NE
17. 4. 05	72	31	-0,8	23,7	53,9	52,8	60,8	61,3	56	62,1	57,8	0,0569	NE
18. 4. 05	96	32	-1,2	22,5	51,1	50,1	58,5	58,3	53,9	61	55,5	0,0262	NE
19. 4. 05	120	32	-0,4	22,1	49,3	48,4	57,6	55,2	52,8	61	54,1	0,0127	NE
20. 4. 05	144	35	-1,3	20,8	46,2	45,1	55,8	51,8	50	59,2	51,4	0,0197	NE
21. 4. 05	168	33	-1,2	19,6	43,2	41,3	55,1	50,8	47,8	58	49,4	0,0123	NE
22. 4. 05	192	33	-3,8	15,8	39	37,8	53,5	48	45,3	56,1	46,6	0,0149	DA
23. 4. 05	216	35	-0,9	14,9	35,1	34,2	49,5	41	42	48,8	41,8	0,0232	DA
24. 4. 05	240	38	-0,4	14,5	32,6	31,7	45,9	35,8	39,1	47,2	38,7	0,0131	DA
25. 4. 05	264	37	-1,2	13,3	30,9	29,8	43,1	33,6	36,6	45,6	36,6	0,0082	DA
26. 4. 05	288	38	0,2	13,5	29,6	28,5	40,7	31,7	34,4	44,3	34,9	0,0062	DA
27. 4. 05	312	38	-0,2	13,3	28,8	27,7	38,8	30,7	32,6	42,9	33,6	0,0042	DA
28. 4. 05	336	36	0,6	13,9	28,5	27	37,8	30	32	41,9	32,9	0,0022	DA
29. 4. 05	360	38	-0,6	13,3	28,3	26,7	36,6	28,9	30,8	42,5	32,3	0,0016	DA
30. 4. 05	384	37	-0,7	12,6	27,3	25,9	34,7	28,4	30,4	40,9	31,3	0,0027	DA
1. 5. 05	408	35	2,9	15,5	27,9	26,6	34,7	29	30,9	40,1	31,5	-0,0007	DA
2. 5. 05	432	37	-2,6	12,9	24,6	23,8	32,4	27	29,8	37	29,1	0,0057	DA
3. 5. 05	456	38	0,1	13	24	23,1	31,6	26,5	29,9	35,6	28,5	0,0014	DA
4. 5. 05	480	38	-0,3	12,7	22,4	22,4	30,5	25,9	29,9	34,4	27,6	0,0018	DA
5. 5. 05	504	37	-0,1	12,6	21,7	21,8	29,7	25,5	29,7	33,3	27,0	0,0013	DA
6. 5. 05	528	41	-0,8	11,8	21,2	20,8	28,9	25,3	29,5	32	26,3	0,0013	DA
7. 5. 05	552	39	0,2	12	20	19,8	28	25	29,3	30,8	25,5	0,0015	DA
8. 5. 05	576	39	-0,6	11,4	20	18,5	27	24,2	29,5	29,1	24,7	0,0013	DA
9. 5. 05	600	40	0	11,4	18,4	18	27,7	23,3	28,4	29	24,1	0,0010	DA
10. 5. 05	624	43	-1,6	9,8	17,6	17,3	27,5	22,2	27,2	29	23,5	0,0011	DA
11. 5. 05	648	43	0	9,8	17	16,6	27,4	21,4	26,4	28,8	22,9	0,0008	DA
12. 5. 05	672	43	0,2	10	16,6	16,2	26,9	20,6	25,3	27,6	22,2	0,0011	DA
13. 5. 05	696	48	-0,9	9,1	15,8	15,4	26,9	19,5	24,4	27,2	21,5	0,0010	DA
14. 5. 05	720	46	-0,6	8,5	15,6	15,1	26,8	18,6	23,6	26,2	21,0	0,0008	DA
15. 5. 05	744	46	-0,9	7,6	14,6	12,9	23,1	15,7	19,9	22,5	18,1	0,0039	DA
16. 5. 05	768	48	-0,6	7	12,6	12,3	22,1	14,7	18,6	21,2	16,9	0,0016	DA
17. 5. 05	792	52	-1,4	5,6	11,8	11,9	21,6	14	17,6	20,4	16,2	0,0009	DA
18. 5. 05	816	53	0,5	6,1	11,7	11,3	20,5	13,1	16,5	19,3	15,4	0,0010	DA
19. 5. 05	840	52	-0,9	5,2	11,8	11,1	19,5	12,7	15,6	18,3	14,8	0,0007	DA
20. 5. 05	864	51	0,1	5,3	13,7	10,6	17,8	11,9	14,3	16,7	14,2	0,0008	DA
21. 5. 05	888	53	0,1	5,4	11,2	10,4	17,5	11,6	14	14	13,1	0,0012	DA
22. 5. 05	912	51	0,2	5,6	9,9	9,9	16,6	11	13,5	15,5	12,7	0,0004	DA
23. 5. 05	936	52	0,1	5,7	9,1	9,4	15,6	10,4	12,9	14,6	12,0	0,0008	DA

Priloga B.6 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 6 (h – čas sušenja, t – temperatura sušenja, Δ /EMC – sprememba ravnovesne vlažnosti, EMC – ravnovesna vlažnost, MC1 - MC6 – vlažnost kontrolnih kosov, POV. MC – povprečna vlažnost kontrolnih kosov, $\Delta u/\Delta t$ - sprememba vlažnosti %/h sušenja in vlaženje

datum :	čas [h]	T [°C]	Δ /EMC	EMC[%]	VLAŽNOST u [%]					površ.	PVL	$\Delta u/\Delta t$	vlaženje
					MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC		
24.09.05	24	27,6	3,5	23,8	63,6	58,8	57,4	63	56,3	53,3	59,8	0,0947	NE
25.09.05	48	28,3	-1	22,8	63,2	50,4	52,4	57,1	49,9	46,6	54,6	0,2175	NE
26.09.05	72	27,6	-0,5	22,3	62,7	48,3	51	54,4	45,7	42,1	52,4	0,0908	NE
27.09.05	96	28,4	-1,7	20,6	61,8	46,1	49,6	52,2	44,5	40,2	50,8	0,0735	NE
28.09.05	120	27,6	-0,2	20,4	60	43,5	48,8	51,4	43,7	37,3	49,5	0,0604	NE
29.09.05	144	27,5	-1,1	19,3	59,5	40,5	48,4	50,7	41,8	33,8	48,2	0,0578	NE
30.09.05	168	27,6	-1,3	18	57,4	37,9	45,5	48,6	39,5	31,4	45,8	0,1067	NE
01.10.05	192	30,6	-0,7	17,3	55	36,2	39,3	45	35,5	28,8	42,2	0,1591	NE
02.10.05	216	32,6	-1,2	16,1	51,8	34,9	34,2	42,3	31,5	27,2	38,9	0,1449	NE
03.10.05	240	32,2	-1,1	15	49	33,9	31,5	40,4	28,5	25,5	36,7	0,1013	DA
04.10.05	264	32	-1	14	47	33,1	30,3	38,9	26,7	24,6	35,2	0,0649	DA
05.10.05	288	32,3	-0,4	13,6	40,2	32,4	29,6	37	25,9	24,1	33,0	0,0969	DA
06.10.05	312	32,2	-0,5	13,1	39,4	31,9	28,7	35,9	25,3	23,9	32,2	0,0347	DA
07.10.05	336	31,9	-0,1	13	38,3	31,4	28	34,9	24,9	23,8	31,5	0,0329	DA
08.10.05	360	34	-0,5	12,5	37,5	30,4	27,3	33,9	24	23,6	30,6	0,0391	DA
09.10.05	384	34,2	-0,5	12	36,7	29,8	26,5	32,7	23,4	23,3	29,8	0,0356	DA
10.10.05	408	34	-0,2	11,8	35,9	29,2	26,1	31,5	22,4	20,4	29,0	0,0356	DA
11.10.05	432	34,5	-0,2	11,6	35,1	28,6	25,5	30,3	21,9	21,9	28,3	0,0329	DA
12.10.05	456	35	-0,3	11,3	34,4	28,2	24,8	28,9	21,4	21,2	27,5	0,0329	DA
13.10.05	480	37,5	-0,8	10,5	32,2	28,1	24,8	28,3	21,1	19,8	26,9	0,0284	DA
14.10.05	504	38	-0,5	10	28,8	26,7	24,6	27,3	20,9	19,3	25,7	0,0551	DA
15.10.05	528	40	-0,5	9,5	26,1	25,2	24,4	26,9	20,7	18,8	24,7	0,0444	DA
16.10.05	552	40	0	9,5	24,1	24,1	23,8	26,2	20,6	18	23,8	0,0400	DA
17.10.05	576	40	-0,5	9	23,6	22,9	23,5	25	20,2	17	23,0	0,0320	DA
18.10.05	600	41,2	-0,5	8,5	22,7	21,4	22,8	24,7	19,4	16	22,2	0,0373	DA
19.10.05	624	40,3	-0,1	8,4	22	20,8	21,3	22,8	18,4	15	21,1	0,0507	DA
20.10.05	648	41,8	-0,1	8,3	21,5	18,9	20,7	21,7	18,1	14,2	20,2	0,0391	DA
21.10.05	672	42,3	-0,5	7,8	20,7	17,8	19,8	21,2	17,5	13,8	19,4	0,0347	DA
22.10.05	696	42,8	-0,2	7,6	20	16,9	19,3	20,6	17,1	13	18,8	0,0276	DA
23.10.05	720	43,8	-0,1	7,5	19,4	15,8	18,7	20,2	16,8	12,8	18,2	0,0267	DA
24.10.05	744	43,9	-0,1	7,4	18,6	14,6	18,1	19,6	16,3	12,6	17,4	0,0329	NE
25.10.05	768	47,8	-0,7	6,7	17,5	14,1	17,6	19	15,8	12,2	16,8	0,0284	DA
26.10.05	792	49,6	-0,4	6,3	16,3	13,9	16,9	18,7	14,9	11,9	16,1	0,0293	DA
27.10.05	816	50	-1	5,3	15,2	12,8	15,8	15,9	13,6	10,9	14,7	0,0658	NE
28.10.05	840	52,6	-0,3	5	12,9	11,9	14,2	14,6	12,8	9,8	13,3	0,0613	NE
29.10.05	864	56	0	5	11,9	11,1	13,1	13,4	11,9	9,3	12,3	0,0444	NE
30.10.05	888	54,7	0,1	5,1	11,3	10,5	12,7	12,7	11,8	9,1	11,8	0,0213	NE
31.10.05	912	54,9	-0,2	4,9	10,7	9,8	12,2	11,9	11,3	8,6	11,2	0,0276	NE
01.11.05	936	54,7	0,2	5,1	9,9	8,5	11,5	11	10,7	58,3	10,3	0,0382	NE

Priloga B.7 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju šarže 7 (h – čas sušenja, t – temperatura sušenja, Δ /EMC – sprememba ravnovesne vlažnosti, EMC – ravnovesna vlažnost, MC1 – MC6 – vlažnost kontrolnih kosov, POV. MC – povprečna vlažnost kontrolnih kosov, $\Delta u/\Delta x$ – sprememba vlažnosti /h sušenja in vlaženje

datum :	čas[h]	t [°C]	Δ /EMC	EMC[%]	VLAŽNOST u [%]						PVL	$\Delta u/\Delta t$	vlaženje
					MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC		
28.10.05	19	28		19,9	60,7	40,7	59,4	52,8	60,6	55,8	57,9		NE
29.10.05	43	28,2	-0,3	19,6	59,4	37,3	57,1	52	58,4	54,6	56,3	0,065	NE
30.10.05	67	27,4	-1,1	18,5	55,4	30,2	55,5	51,3	56,4	51,1	53,9	0,098	NE
31.10.05	91	28,1	-0,9	17,6	50,3	26,1	54,5	50,3	54,2	49	51,7	0,095	NE
1.11.05	115	29	-0,6	17	42,8	19,5	52,5	46,6	52,6	45,6	48,0	0,152	NE
2.11.05	139	30,4	-0,9	16,1	33,4	18,1	48,3	39,5	51,2	45,6	43,6	0,184	NE
3.11.05	163	32	-1	15,1	28,3	17,1	43,2	35,5	49,9	37	38,8	0,201	NE
4.11.05	187	35	-0,8	14,3	27,6	16,7	38,1	33,6	45,6	34,3	35,8	0,123	NE
5.11.05	211	35,4	-0,1	14,2	26,3	16,4	32,4	32,1	43,1	31,2	33,0	0,118	NE
6.11.05	235	36,2	-0,3	13,9	26,4	16,3	29,3	29,8	40,4	28,9	31,0	0,086	NE
7.11.05	259	35,6	0	13,9	25,9	16,4	28	28,7	38,2	27,6	29,7	0,053	NE
8.11.05	283	38,7	-0,3	13,6	26,5	16,4	27,6	28,6	35,7	27,3	29,1	0,022	NE
9.11.05	307	41,3	-0,4	13,2	28,7	16	27,6	29,1	34	28,3	29,5	-0,017	NE
10.11.05	331	41,4	-0,1	13,1	29,3	15,7	27,9	29	33	28,8	29,6	-0,002	NE
11.11.05	355	41,3	-0,5	12,6	29	15,4	27,7	28,4	32,1	28,7	29,2	0,018	NE
12.11.05	379	41,9	-1,2	11,4	29	15	27,5	27,4	29,4	28,1	28,3	0,037	NE
13.11.05	403	42,7	-0,5	10,9	28,7	14,6	27,4	26,2	27,6	27,2	27,4	0,036	NE
14.11.05	427	42,4	-0,7	10,2	28,6	14,1	27,2	25	25,9	26,1	26,6	0,036	NE
15.11.05	451	42,5	-0,6	9,6	27,4	13,8	26,5	23,8	24,9	25,3	25,6	0,041	NE
16.11.05	475	43,5	-0,6	9	27,1	13,2	26,4	22,7	23,9	24,7	25,0	0,026	NE
17.11.05	499	44,8	-0,5	8,5	26,2	12,9	25,8	21,4	23	23,4	24,0	0,042	NE
18.11.05	523	43,5	-0,3	8,2	25,2	12,6	24,5	20,2	22	22,1	22,8	0,048	NE
19.11.05	547	44,4	-0,4	7,8	22,9	12,6	23,6	19,2	21,1	21,2	21,6	0,050	NE
20.11.05	571	43,7	-0,7	7,1	22,4	12,4	22,6	18,3	20,2	20	20,7	0,038	NE
21.11.05	595	45,6	0,2	7,3	21,9	12,1	21,8	17,5	19,5	19,3	20,0	0,029	NE
22.11.05	619	45,9	0	7,3	21,4	12	21,1	16,6	18,8	18,3	19,2	0,032	NE
23.11.05	643	49,7	0,3	7,6	20,5	11,5	20	15,5	17,6	17,1	18,1	0,046	NE
24.11.05	667	50,3	-0,8	6,8	20	11,3	19,8	14,8	16,5	16,1	17,4	0,029	NE
25.11.05	691	49,5	-0,6	6,2	19,4	11,2	19	14,2	15,8	15,6	16,8	0,027	NE
26.11.05	715	50	-0,4	5,8	18,7	11	18,2	13,6	15	15	16,1	0,029	NE
27.11.05	739	50	0,1	5,9	17,5	10,8	16,8	12,9	14,7	13,9	15,2	0,039	NE
28.11.05	763	50	-0,2	5,7	16,3	10,6	15,2	11,8	13	12,6	13,8	0,058	NE
29.11.05	787	56,3	-0,3	5,4	15,1	9,1	13,9	10,8	11,5	11,3	12,5	0,052	NE
30.11.05	811	55,6	-0,2	5,2	13,7	8,8	12,6	10,5	11	11,1	11,8	0,100	NE
1.12.05	835	56,4	-0,2	5	12,1	8,5	11,2	9,8	10,1	10,3	10,7	0,100	NE

Priloga B.8 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosov pri sušenju dec. elem. (šarža 7 a)

(h – čas sušenja, t – temperatura sušenja, Δ /EMC – sprememba ravnovesne vlažnosti, EMC - ravnovesna vlažnost, MC1 - MC6 - vlažnost kontrolnih kosov, POV.MC - povprečna vlažnost kontrolnih kosov, $\Delta u/\Delta t$ - sprememba vlažnosti /h sušenja in vlaženje

				VLAŽNOST u [%]								
				ŽL BUK 38 mm				DL 50 mm		PVL		
čas [h]	t [°C]	Δ /EMC	EMC[%]	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC	$\Delta u/\Delta t$	vlaženje
24	32		15	47,6	55,4	53,8	59,7	34,3	33,1	47,3		NE
48	32,4	-0,7	14,3	44,9	48,8	50,6	53,1	31	28,2	41,6	0,240	NE
72	35,2	-0,5	13,8	44,1	45,8	45,7	49,5	28,6	27,5	39,1	0,103	NE
96	36,9	-0,3	13,5	35	38,4	37,6	46,3	26,8	25,6	34,3	0,201	NE
120	36,5	-1,1	12,4	33,4	32	34,2	43	24,6	25,5	32,1	0,088	NE
144	37,2	-1,1	11,3	32,2	28,3	30,9	39,9	24,3	24,7	30,4	0,073	NE
168	36,6	0,1	11,4	31,5	26	28,8	34,7	23,9	23,9	28,6	0,077	NE
192	33,1	2,6	14	31,3	24,8	28,2	32,1	23,7	23,8	27,8	0,031	NE
216	35,8	-2,7	11,3	29,3	23,6	27	29,5	22,4	22,6	26,2	0,069	NE
240	36	-0,3	11	28,1	23	26,5	28	21,7	22	25,3	0,037	NE
264	35	-1,3	9,7	25,1	22,6	25,9	26,6	21,1	21,4	24,0	0,052	NE
288	34,8	0,1	9,8	24,4	22,1	25,1	25,3	20,4	20,8	23,2	0,034	NE
312	36,3	0,3	10,1	23,6	21,3	24,2	24,1	19,4	19,6	22,2	0,042	NE

Priloga B.9 Izmerjene vlažnosti [%] kontrolnih kosih pri dosušitvi dec. elem. (šarža 7 a)

(h – čas sušenja, t – temperatura sušenja, Δ /EMC – sprememba ravnovesne vlažnosti, EMC - ravnovesna vlažnost, MC1 - MC6 - vlažnost kontrolnih kosov, POV.MC - povprečna vlažnost kontrolnih kosov, $\Delta u/\Delta t$ - sprememba vlažnosti %/h sušenja in vlaženje

				DL 25-50 MM				VZ. DL				
čas[h]	t [°C]	Δ /EMC	EMC[%]	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC	$\Delta u/\Delta t$	vlaženje
24	49,3		12	19	19	27,5	19,3	13,5	9,4	18,0		NE
48	49,4	-0,6	11,4	17,4	16,5	21,6	16,5	12,7	8,9	15,4	0,105	NE
72	49,8	-1,8	9,6	15,9	14,8	18	15	12	8,1	13,8	0,068	NE
96	54,8	-1,9	7,7	14	12,8	15,2	13,5	11,2	7,2	12,2	0,066	NE
120	59,1	-0,6	7,1	12,3	11	12,7	12,3	10,6	6,6	10,9	0,055	NE
144	61,1	-1,1	6	9,2	8	9,1	9,6	8,5	5,2	8,3	0,108	NE

ELEMENT	DOL.	ŠIR.	DEB.	VOL./KOS	POV./KOS	KOSI	POVRŠ.	VOL.
	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m ²]		[m ²]	
BUK 50 LET 950/ 60	0,95	0,06	0,05	0,0029	0,209	24	5,016	0,0684
BUK 50 LET 1250/ 60	1,25	0,06	0,05	0,0038	0,275	76	20,900	0,2850
BUK 50 LET 1250/ 50	1,25	0,05	0,05	0,0031	0,250	17	4,250	0,0531
BUK 50 LET 450/ 50	0,45	0,05	0,05	0,0011	0,090	106	9,540	0,1193
BUK 50 LET 450/ 60	0,45	0,06	0,05	0,0014	0,099	9	0,891	0,0122
BUK 50 LET 250/ 50	0,25	0,05	0,05	0,0006	0,050	114	5,700	0,0713
BUK 50 LET 250/ 25	0,25	0,03	0,05	0,0003	0,038	49	1,838	0,0153
					SKUPAJ :		48,135	0,6245

Priloga D.1 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri vzorčnih deskah X, Y in Z (šarža 5)

(m1 - masa vzorca v vlažnem stanju, mo - masa vzorca v absolutno suhem stanju, u - vlažnost vzorca)

X	A			B			C			D			E		
datum	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
16.4.05	13,9	9,4	47,9	15,2	9,1	67	14,7	8,6	70,9	13,7	8,3	65,1	13,9	8,8	58
24.4.05	11,6	9,4	23,4	11,8	8,7	35,6	11,4	8,4	35,7	10,7	7,9	35,4	10,8	8,7	24,1
28.4.05	9,7	8,3	16,9	10,4	8,2	26,8	11	8,4	31	10,5	8,1	29,6	11,2	9,5	17,9
3.5.05	10,4	9,1	14,3	10,7	8,9	20,2	9,6	7,7	24,7	10,2	8,4	21,4	9,4	8,3	13,3
8.5.05	9,6	8,6	11,6	8,9	7,6	17,1	8,5	7	21,4	8,3	7,1	16,9	8,8	7,8	12,8
14.5.05	11,7	10,5	11,4	10,8	9,3	16,1	9,8	8,4	16,7	9,9	8,6	15,1	8,2	7,3	12,3
25.5.05	10,8	10,1	6,93	10,4	9,7	7,22	10,4	9,6	8,33	9,9	9,1	8,79	11,9	11,2	6,25
Y	F			G			H			I			J		
datum	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
16.4.05	14	10,2	37,3	14,2	9,8	44,9	14,8	9,9	49,5	13,8	9,4	46,8	14,5	10,4	39,4
24.4.05	12,8	10,6	20,8	13,6	10,3	32	13,6	10,2	33,3	13,7	10,5	30,5	14,2	11,5	23,5
28.4.05	11,1	9,6	15,6	11,6	9,1	27,5	12	9,2	30,4	10,7	8,4	27,4	10,5	9	16,7
3.5.05	12	10,5	14,3	11,3	9,1	24,2	13,6	10,6	28,3	12,3	9,7	26,8	12,5	10,6	17,9
8.5.05	11,4	10,2	11,8	11,2	9,2	21,7	11,7	9,4	24,5	10,8	8,7	24,1	11	9,7	13,4
14.5.05	12,8	11,5	11,3	11,9	10	19	10,7	8,9	20,2	10,3	8,8	17,1	10,5	9,4	11,7
25.5.05	12	11,2	7,14	11,5	10,5	9,52	11,4	10,3	10,7	10,4	9,5	9,47	14	12,9	8,53
Z	K			L			M			N			O		
datum	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
16.4.05	15,8	10,9	45	15,9	10,4	52,9	16,8	10,8	55,6	15,4	9,9	55,6	17,2	11,5	49,6
24.4.05	15,1	11,7	29,1	13,9	10,3	35	13	9,4	38,3	13,2	9,6	37,5	12,3	9,6	28,1
28.4.05	11,6	9,9	17,2	12	9,4	27,7	11,7	8,9	31,5	11,2	8,6	30,2	11,7	9,9	18,2
3.5.05	10,6	9,3	14	11,6	9,4	23,4	11,1	8,9	24,7	11,1	8,9	24,7	11,4	9,9	15,2
8.5.05	11,2	10	12	11,2	9,4	19,2	11,7	9,6	21,9	11,4	9,5	20	10,6	9,4	12,8
14.5.05	9,9	9,1	8,79	9,5	8,4	13,1	8,3	7,2	15,3	8,7	7,8	11,5	8,4	7,8	7,69
25.5.05	11	10,2	7,84	10,1	9,3	8,6	9,4	8,6	9,3	9,9	9,1	8,79	10,8	10	8

Priloga D.2 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri vzorčnih deskah 1 in 2 (šarža 6)

(m1 - masa vzorca v vlažnem stanju, mo – masa vzorca v absolutno suhem stanju, u - vlažnost vzorca)

ODREZEK (vzorčna deska 1)

	A			B			C			D			E		
datum :	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)
29.09.05	8,4	6	40,0	8,6	5,9	45,8	8,6	5,9	45,8	8,1	5,5	47,3	8,2	5,7	43,9
04.10.05	7,7	6,2	24,2	7,9	5,8	36,2	8,1	5,8	39,7	7,7	5,5	40,0	7,7	6,1	26,2
08.10.05	9	7,5	20,0	9,1	6,9	31,9	8,8	6,5	35,4	9,3	7	32,9	8,6	7,1	21,1
12.10.05	8,5	7,4	14,9	8,6	6,8	26,5	8,1	6,3	28,6	8,5	6,7	26,9	8,2	7	17,1
16.10.05	9	7,9	13,9	8,6	7	22,9	9,4	7,4	27,0	8,6	7,1	21,1	7,7	6,8	13,2
24.10.05	6,8	6,1	11,5	6,5	5,6	16,1	6,9	5,9	16,9	6,9	6	15,0	6,8	6,1	11,5
02.11.05	6,9	6,4	7,8	7,2	6,6	9,1	7,3	6,6	10,6	7,1	6,5	9,2	7,4	6,8	8,8

ODREZEK (vzorčna deska 2)

	F			G			H			I			J		
datum :	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)
29.09.05	8,8	6,5	35,4	9,7	6,7	44,8	8,4	5,7	47,4	7,6	5,2	46,2	8,5	6,3	34,9
04.10.05	7,1	5,6	26,8	7,3	5,3	37,7	7,6	5,5	38,2	6,8	4,9	38,8	7,4	5,9	25,4
08.10.05	9	7,4	21,6	8,5	6,5	30,8	9,1	6,6	37,9	8,7	6,4	35,9	8,1	6,7	20,9
12.10.05	7,6	6,4	18,8	7,6	5,9	28,8	7,4	5,6	32,1	7,1	5,4	31,5	7,7	6,5	18,5
16.10.05	9	7,9	13,9	9,5	7,5	26,7	8,9	6,8	30,9	8,8	7	25,7	8,3	7,2	15,3
24.10.05	7,4	6,5	13,8	8,7	7,3	19,2	7,7	6,2	24,2	7,2	6	20,0	8,2	7,2	13,9
02.11.05	7	6,4	9,4	6,2	5,6	10,7	6,7	6	11,7	5,7	5,2	9,6	6,2	5,7	8,8

POV.VLAŽNOST DESKE 1				DESKE 2		
datum :	m1(g)	mo(g)	u (%)	m1(g)	mo(g)	u (%)
29.09.05	46,3	31,7	46,1	36,6	25,8	41,9
04.10.05	25,5	19	34,2	33,3	24,8	34,3
08.10.05	35,3	27,5	28,4	33,2	25,6	29,7
12.10.05	35,5	28,7	23,7	29,8	23,6	26,3
16.10.05	27,9	23,2	20,3	27,9	22,6	23,5
24.10.05	26,6	23,2	14,7	31,2	26,4	18,2
02.11.05	24,4	22,5	8,4	27	24,4	10,7

Priloga D.3 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri vzorčnih deskah X, Y in Z (šarža 7)

(m1 - masa vzorca v vlažnem stanju, mo - masa vzorca v absolutno suhem stanju, u - vlažnost vzorca)

VZORČNA DESKA X															
	A			B			C			D			E		
datum :	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
28.10.05	10,7	6,9	55,1	11	6,7	64,2	11,3	6,8	66,2	10,2	6,2	64,5	10,5	6,7	56,7
04.11.05	8,8	7,0	25,7	8	5,9	35,6	8	5,8	37,9	7,2	5,3	35,8	6,7	5,4	24,1
07.11.05	6,5	5,4	20,4	7	5,3	32,1	6,7	4,9	36,7	6,3	4,7	34,0	6,3	5,2	21,2
15.11.05	7,2	6,2	16,1	7	5,5	27,3	7,3	5,6	30,4	6,7	5,4	24,1	6,4	5,6	14,3
18.11.05	6,6	5,9	11,9	6,9	5,7	21,1	6,8	5,4	25,9	6,8	5,6	21,4	6,2	5,6	10,7
29.11.05	8,1	7,4	9,5	8,6	7,4	16,2	7,6	6,5	16,9	7,7	6,7	14,9	8,6	7,8	10,3
02.12.05	7,1	6,5	9,2	6,8	6,1	11,5	7,4	6,6	12,1	6,5	5,85	11,1	7,9	7,2	9,7
VZORČNA DESKA Y															
	F			G			H			I			J		
datum :	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
28.10.05	9,1	5,7	59,6	9	5,3	69,8	9,1	5,3	71,7	8,7	5,2	67,3	9,7	5,9	64,4
04.11.05	7,8	6,4	21,9	7,3	5,7	28,1	6,9	5,3	30,2	6,5	5	30,0	6,1	5,1	19,6
07.11.05	7,9	6,7	17,9	7,9	6,1	29,5	7,9	6	31,7	7,6	5,8	31,0	7,8	6,5	20,0
15.11.05	7,8	6,9	13,0	7,9	6,5	21,5	7,6	6,1	24,6	7,1	5,8	22,4	6,6	5,8	13,8
18.11.05	6,5	5,9	10,2	6,6	5,6	17,9	7,2	6	20,0	6,6	5,6	17,9	6,9	6,1	13,1
29.11.05	7,2	6,6	9,1	6,9	6	15,0	7	6	16,7	6,5	5,7	14,0	7	6,3	11,1
02.12.05	7,6	7	8,6	7,1	6,4	10,9	7	6,2	12,9	7,1	6,4	10,9	6,3	5,8	8,6
VZORČNA DESKA Z															
	K			L			M			N			O		
datum :	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
28.10.05	7,4	4,3	72,1	8,9	4,7	89,4	8,1	4,2	92,9	7,9	4,2	88,1	7,8	4,3	81,4
04.11.05	6,6	5,1	29,4	7,2	5	44,0	7,3	5	46,0	6,8	4,8	41,7	6,6	5,2	26,9
07.11.05	6,7	5,5	21,8	6,3	4,6	37,0	6,2	4,5	37,8	5,9	4,3	37,2	6,3	5,1	23,5
15.11.05	6,8	6	13,3	7,4	6	23,3	6,7	5,3	26,4	5,5	4,5	22,2	5,3	4,4	20,5
18.11.05	6,9	6,1	13,1	7,6	6,2	22,6	7,5	6	25,0	6,9	5,7	21,1	6,5	5,6	16,1
29.11.05	7,3	6,6	10,6	5,9	5,3	11,3	6,3	5,6	12,5	6,4	5,8	10,3	7,2	6,7	7,5
02.12.05	7,5	6,8	10,3	6,2	5,6	10,7	6,4	5,7	12,3	5,8	5,3	9,4	6,8	6,35	7,1

Priloga D.4 Povprečne vlažnosti in vlaž. gradient pri dec.elementih X in Y (šarža 7 a)

(m1 - masa vzorca v vlažnem stanju, mo - masa vzorca v absolutno suhem stanju, u - vlažnost vzorca)

DECIMIRAN ELEMENT X															
	A			B			C			D			E		
datum :	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
14.11.05	5,5	4,6	19,6	5,6	4,6	21,7	5,6	4,5	24,4	5,7	4,6	23,9	5,1	4,3	18,6
20.11.05	5,2	4,5	15,6	5	4,2	19,0	5,2	4,3	20,9	5,2	4,4	18,2	4,6	4	15,0
25.11.05	6,4	5,8	10,3	6,2	5,5	12,7	4,8	4,2	14,3	5,3	4,7	12,8	5,6	5,1	9,8
06.12.05	6	5,5	9,1	4,7	4,3	9,3	4,7	4,2	11,9	5,2	4,7	10,6	5,2	4,9	6,1
DECIMIRAN ELEMENT Y															
	F			G			H			I			J		
datum :	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]	m1[g]	mo[g]	u [%]
14.11.05	6,7	5,6	19,6	6,2	5,1	21,6	6,3	5,1	23,5	6,2	5,1	21,6	6,4	5,6	14,3
20.11.05	4,9	4,3	14,0	4,9	4,1	19,5	4,6	3,8	21,1	4,4	3,7	18,9	4,3	3,8	13,2
25.11.05	4,5	4,2	7,1	5,4	4,8	12,5	4,3	3,8	13,2	5,2	4,6	13,0	5,1	4,7	8,5
06.12.05	5,1	4,7	8,5	4,8	4,4	9,1	5	4,5	11,1	4,9	4,4	11,4	5,9	5,4	9,3

Priloga E.1 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 1) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC} do u_{25} %), B (u_{20} % do u_{15} %) in C (u_{KON}).



A



B



C

Priloga E.2 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 2) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC}), B (u_{TNCs} do u_{20} %) in C (u_{15} % do u_{KON}).



A



B



C

Priloga E.3 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 3) v območjih vlažnosti: A ($u_{ZAC.}$), B (u_{TNCS} do $u_{20\%}$) in C ($u_{15\%}$ do $u_{KON.}$).



A



B

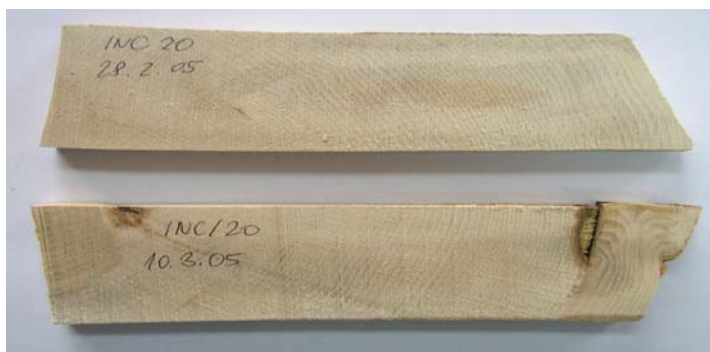


C

Priloga E.4 Odrezki za ocenjevanje barve iz prečne čelne površine deske (šarža 4) v območjih vlažnosti: A (u_{ZAC}), B (u_{TNCs} do $u_{20\%}$) in C ($u_{15\%}$ do $u_{KON.}$).



A



B



C

Priloga E.5 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske X (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.



Priloga E.6 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.



Priloga E.7 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 5) v sedmih območjih vlažnosti.



Priloga E.8 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1 (šarža 6) v sedmih območjih vlažnosti.



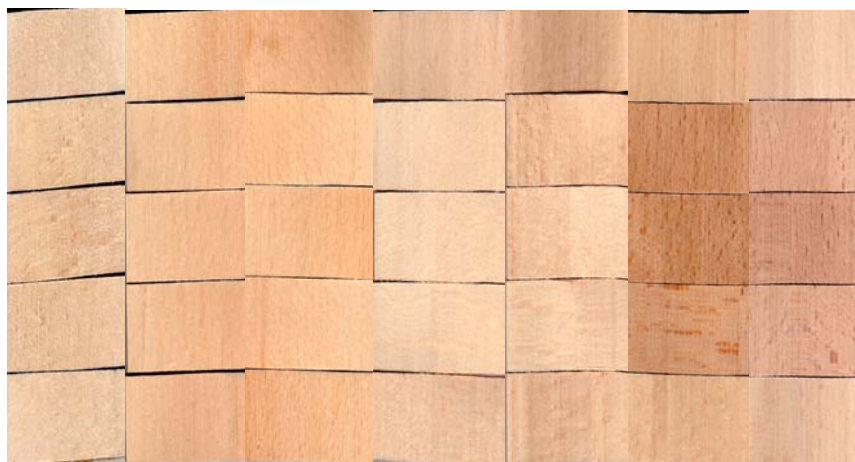
Priloga E.9 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 2 (šarža 6) v sedmih območjih vlažnosti.



Priloga E.10 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 1(šarža 6). Stolpec 1 levo ($u_{ZAC.}$), stolpec 7 skrajno desno ($u_{KON.}$).



Priloga E.11 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske 2 (šarža 6). Stolpec 1 levo ($u_{ZAČ.}$), stolpec 7 skrajno desno ($u_{KON.}$).



Priloga E.12 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7). Stolpec 1 levo ($u_{ZAČ.}$), stolpec 6 skrajno desno ($u_{KON.}$).



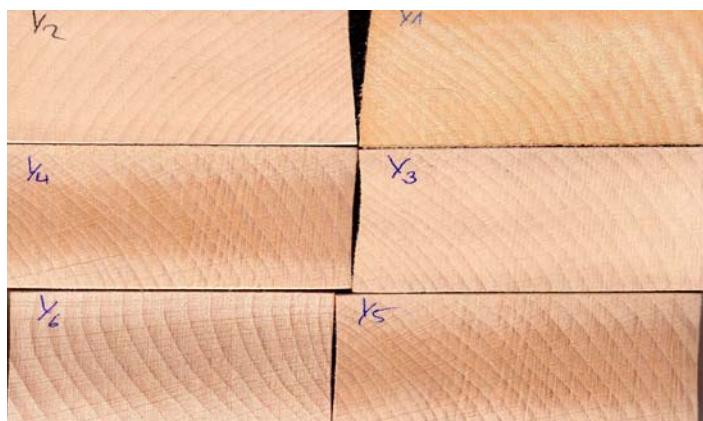
Priloga E.13 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 7). Stolpec 1 levo ($u_{ZAČ.}$), stolpec 6 skrajno desno ($u_{KON.}$).



Priloga E.14 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske X (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.



Priloga E.15 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Y (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.



Priloga E.16 Odrezki za ocenjevanje barve iz vzorčne deske Z (šarža 7) v šestih območjih vlažnosti.



Priloga E.17 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega decimiranega elementa X (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{25\%}$), stolpec 4 skrajno desno ($u_{KON.}$).



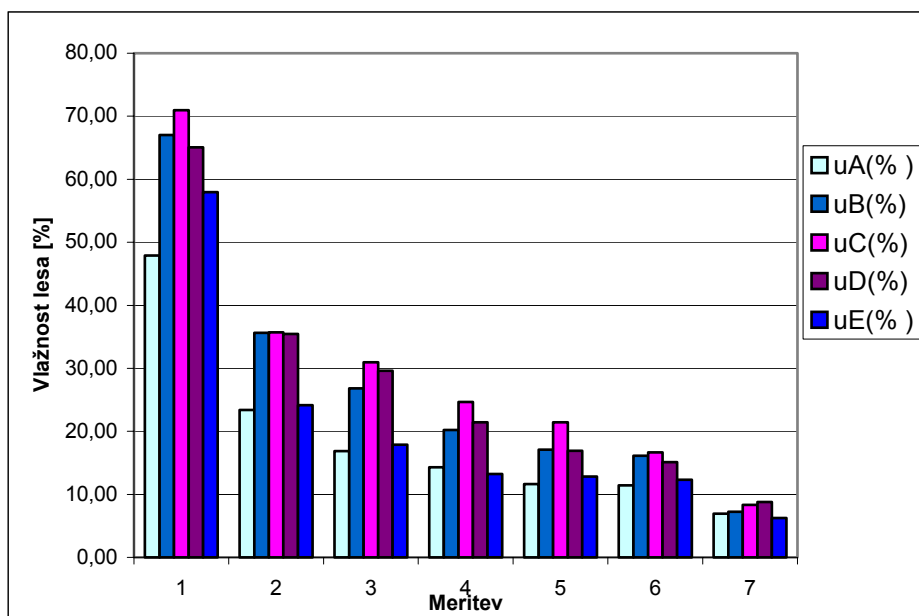
Priloga E.18 Odrezki (sloji) za ocenjevanje barve iz vzorčnega decimiranega elementa Y (iz šarže 7). Stolpec 1 levo ($u_{25\%}$), stolpec 4 skrajno desno ($u_{KON.}$).



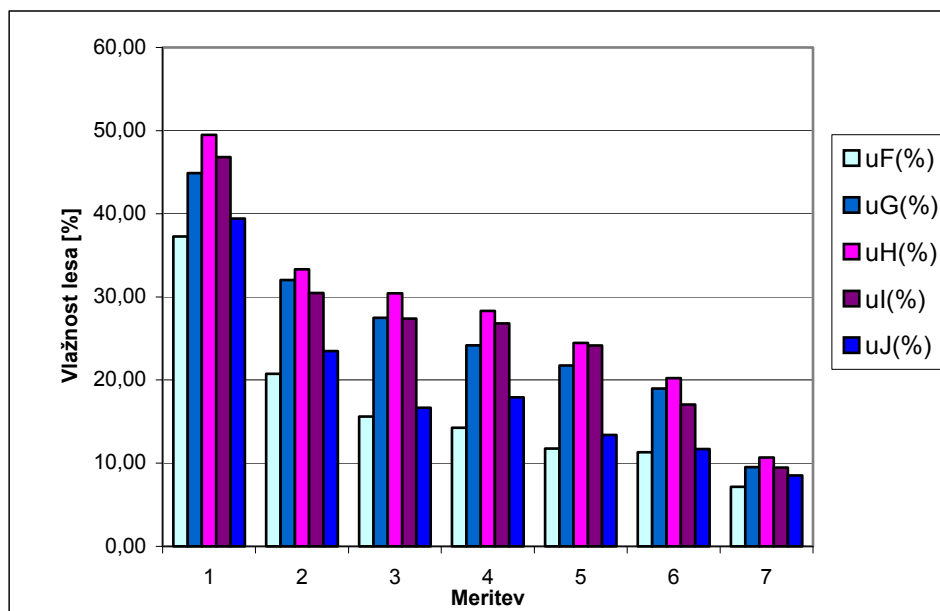
Priloga E.19 Odrezki za ocenjevanje barve iz decimiranega elementa X v štirih območjih vlažnosti.



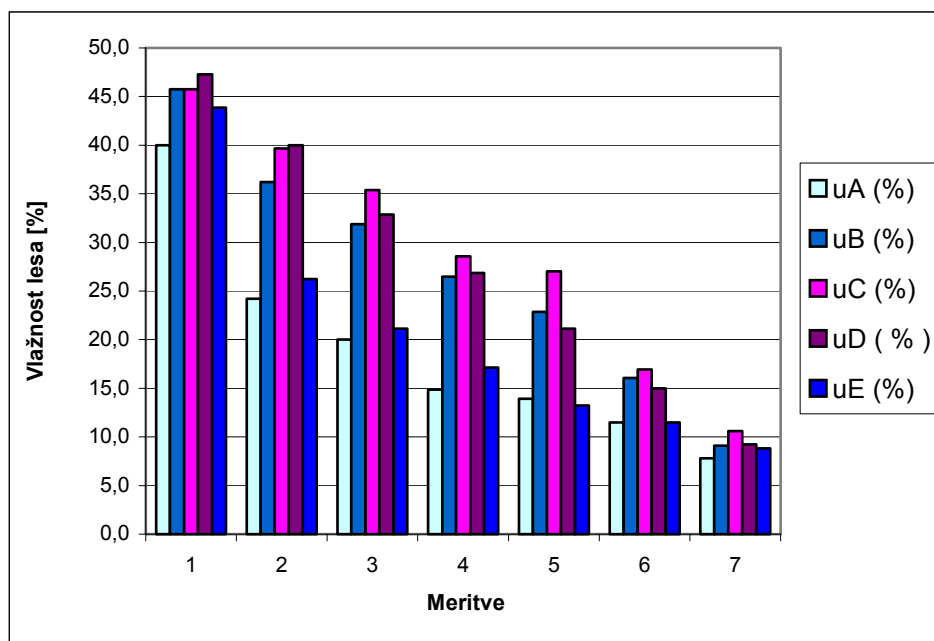
Priloga F.1 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske X (šarža 5) v sedmih intervalih sušenja.



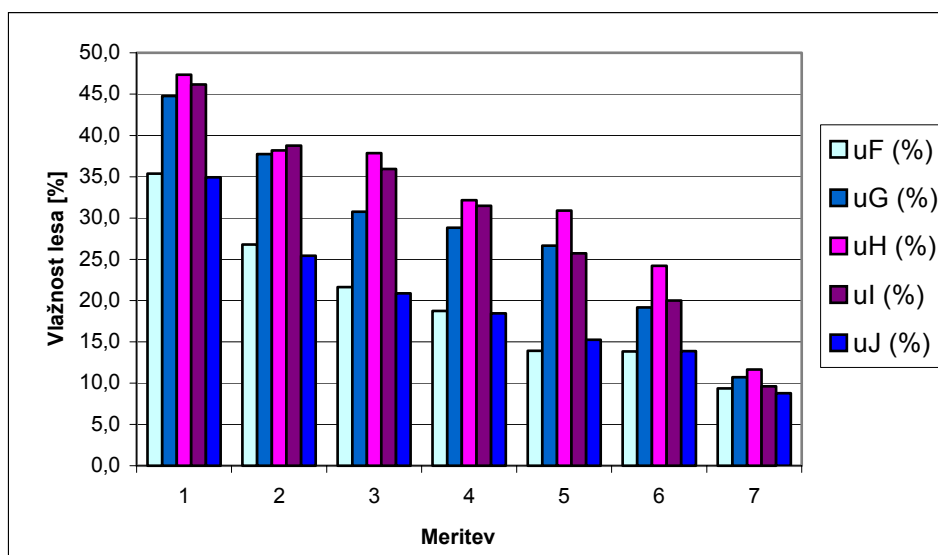
Priloga F.2 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske Y (šarža 5) v sedmih intervalih sušenja.



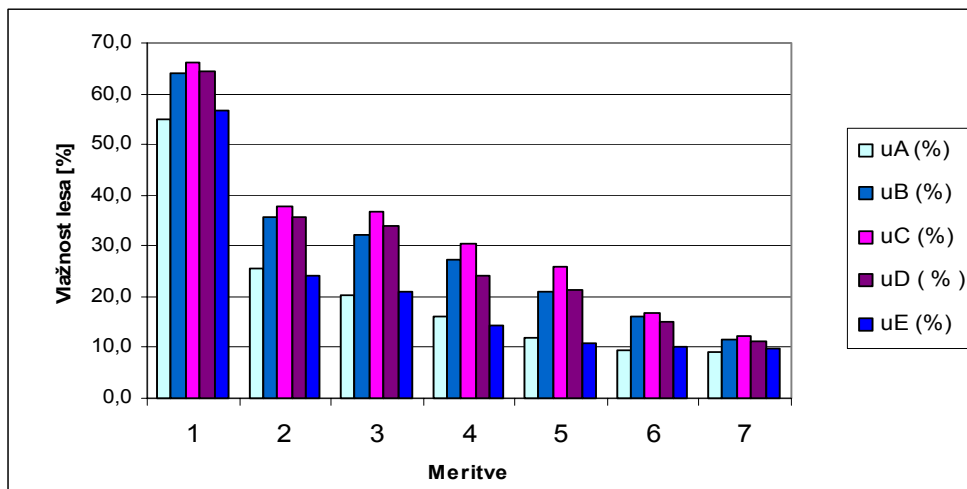
Priloga F.3 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske 1 (šarža 6) v sedmih intervalih sušenja.



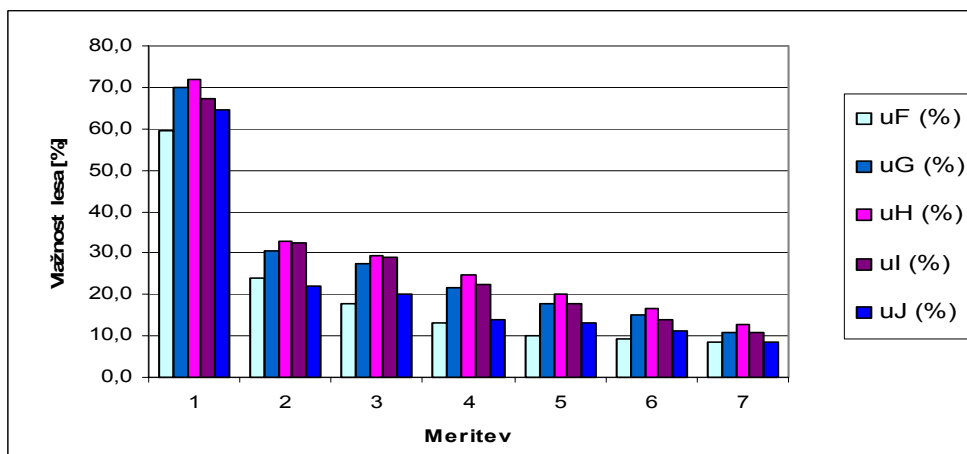
Priloga F.4 Vlažnostni gradient po debelini vzorčne deske 2 (šarža 6) v sedmih intervalih sušenja.



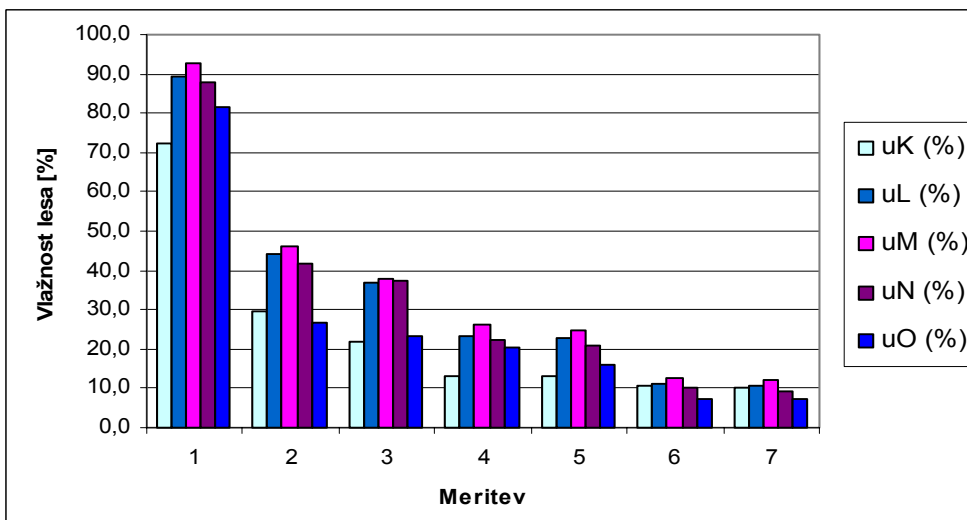
Priloga F.5 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske X (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.



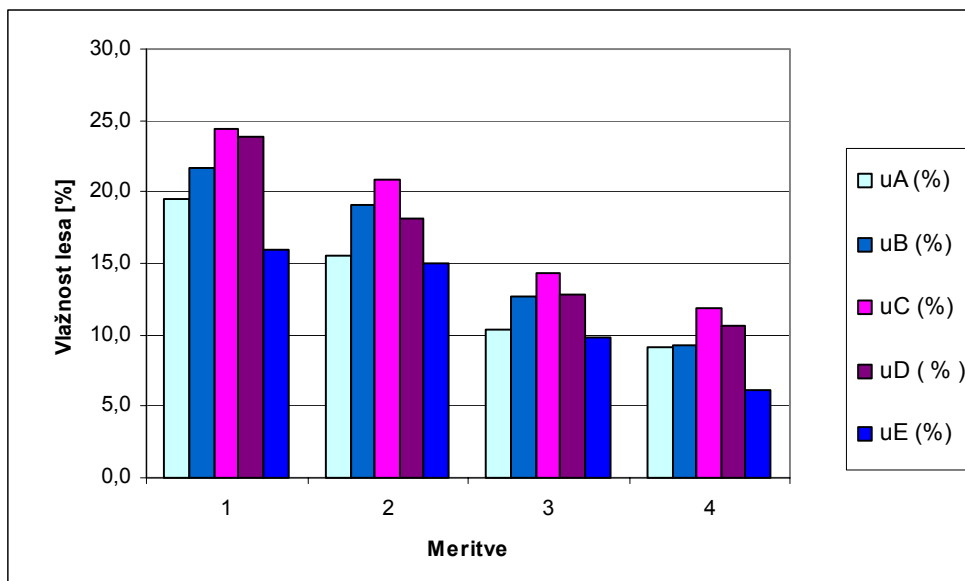
Priloga F.6 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske Y (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.



Priloga F.7 Vlažnostni gradient po deb. vzorčne deske Z (šarža 7) v sedmih intervalih sušenja.



Priloga F.8 Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa X (iz šarže 7)



Priloga F.9 Vlažnostni gradient po debelini decimiranega elementa Y (iz šarže 7)

