

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože BAJUK

**MEHANSKE IN FUNGICIDNE LASTNOSTI
VEZANIH PLOŠČ ZAŠČITENIH S SILVANOLINOM**

DIPLOMSKO DELO

Visoko strokovni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože BAJUK

**MEHANSKE IN FUNGICIDNE LASTNOSTI VEZANIH PLOŠČ
ZAŠČITENIH S SILVANOLINOM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**MECHANICAL AND FUNGICIDAL PROPERTIES OF PLYWOOD
PROTECTED BY “SILVANOLIN”**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva ter na Katedri za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval izr. prof. dr. Milana Šerneka, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Jože Bajuk

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*84
KG	vezane plošče/Silvanolin/lepljenje/Meldur H97/mehanske lastnosti/fungicidne lastnosti
AV	BAJUK, Jože
SA	ŠERNEK, Milan (mentor)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2010
IN	MEHANSKE IN FUNGICIDNE LASTNOSTI VEZANIH PLOŠČ ZAŠČITENIH S SILVANOLINOM
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 53 str., 7 pregl., 45 sl., 37 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Zaščitno sredstvo Silvanolin dobro zaščiti les pred škodljivci, ni pa znano, kako zaščiti vezan les in kako vpliva na lepilo ter lepljenje. Zato smo se odločili, da impregniramo furnirje s Silvanolinom in jih zlepimo v plošče, ter ugotovimo vpliv zaščite na mehanske in fungicidne lastnosti. Furnirje smo impregnirali v vakuumsko tlačni komori. Lepili smo z melamin–urea–formaldehidnim lepilom Meldur H97 v visokofrekvenčni stiskalnici. Preizkus mehanskih lastnosti smo izvajali s pomočjo univerzalnega testirnega stroja Zwick Z100 po standardu SIST EN 314 za strižno trdnost in SIST EN 310 za modul elastičnosti in upogibno trdnost. Gostoto smo ugotavljali po standardu SIST EN 323, vlažnost pa po SIST EN 322. Pri fungicidnih lastnostih smo imeli impregnirane vzorce, neimpregnirane vzorce in pa vzorce iz masivnega lesa bukve za kontrolo. Tako smo vse 3 vzorce izpostavili 3 glivam razkrojevalkam (beli hišni gobi, pisani ploskocevkci in ogljeni kroglici) za 16 tednov v rastni komori v skladu s standardom SIST EN 113. Ugotovili smo, da so mehanske lastnosti zaščiteneh vzorcev nekoliko boljše od nezaščiteneh. Pri merjenju vlažnosti smo ugotovili, da imajo zaščiteni vzorci višjo vlažnost od nezaščiteneh. Tudi gostota zaščiteneh je bila večja. Pri ugotavljanju fungicidnih lastnosti smo ugotovili, da so gobe veliko bolj napadle nezaščitene kot pa zaščitene vzorce. Glede na rezultate preizkusov lahko zaključimo, da so imeli zaščiteni vzorci v vseh primerih boljše lastnosti od nezaščiteneh.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*84
CX plywood/Silvanolin/gluing/Meldur H97/mechanical properties/fungicidal properties
AU BAJUK, Jože
AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/POHLEVEN, Franc (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2010
TI MECHANICAL AND FUNGICIDAL PROPERTIES OF PLYWOOD PROTECTED BY SILVANOLIN
DT Graduation thesis (Higher professional studies)
NO IX, 53 p., 7 tab., 45 fig., 37 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Silvanolin protective agent effectively protects wood against pests, but we do not know how to protect plywood, and how this protective agent affects adhesive and gluing. So we decided to impregnate veneers with Silvanolin, and glue veneers together in panels, to see mechanical and fungicidal properties. Veneers were pressure impregnated in a vacuum chamber. In a high press Meldur H97, melamine–urea–formaldehyde adhesive, was utilised. To examine mechanical properties Zwick 100, according to standard SIST EN 314 for shear strength and SIST EN 310 for the module of elasticity and bending strength was used. Density was determined according to standard SIST EN 323, humidity to SIST EN 322. Fungicidal properties of impregnated and unimpregnated samples were analysed; so were the beech wood samples just for control. Thus all 3 samples were exposed to 3 mushrooms (*Poria vaillantii*, *Trametes versicolor* and *Hypoxylon fragiforme*) for 16 weeks in a growth chamber in accordance with standard SIST EN 113. We found out that mechanical properties of the samples were slightly better in protected samples than in unprotected ones. Measuring humidity we found out that the protected samples had higher humidity than unprotected ones. Density of the protected samples was also higher. In determining fungicidal properties we found out that the unprotected samples infested with fungi were much more attacked than those protected. So depending on the results of the test we concluded that the protected samples in all the cases had better properties than unprotected ones.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE.....	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED LITERATURE.....	3
2.1 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	3
2.1.1 Zaščita lesa	3
2.1.2 Kemična zaščita lesa.....	4
2.2 GLIVE	5
2.2.1 Rjava destruktivna trohnoba.....	5
2.2.1.1 Bela hišna goba– <i>Poria vaillantii</i> (Pv)	6
2.2.2 Bela ali korozivna trohnoba.....	7
2.2.2.1 Pisana ploskocevka– <i>Trametes versicolor</i> (Tv)	7
2.2.2.2 Ogljena kroglica– <i>Hypoxylon fragiforme</i> (Hf).....	8
2.3 VEZANE PLOŠČE	9
2.3.1 Definicija vezane plošče.....	9
2.3.2 Prednosti vezanih plošč	9
2.3.3 Osnovna pravila sestave vezane plošče	10
2.3.4 Mehanske in fizikalne lastnosti vezanih plošč.....	11
2.3.4.1 Mehanske lastnosti	11
2.3.4.2 Fizikalne lastnosti	12
2.4 LEPILA IN LEPLJENJE	15
2.4.1 Zahteve pri lepljenju	15
2.4.2 Delitev lepil	16
2.4.2.1 Delitev lepil glede na surovinsko osnovo	16
2.4.3 Melamin-formaldehidna lepila	16
2.4.3.1 Utrjevanje MF lepil	17
2.4.3.2 Priprava, nanos in uporaba MF lepil	17
2.4.3.3 Pregled relevantne literature	18
3 MATERIALI IN METODE.....	19
3.1 MATERIALI	19
3.1.1 Uporabljeno lepilo »MELDUR H97«.....	19

3.1.1	Priprava furnirjev	20
3.1.2	Uporabljeno zaščitno sredstvo »SILVANOLIN«	20
3.1.2.1	Impregnacija furnirjev	21
3.1.3	Lepljenje plošč	22
3.1.4	Priprava vzorcev	24
3.1.4.1	Priprava vzorcev za ugotavljanje strižne trdnosti	24
3.1.4.2	Priprava vzorcev za ugotavljanje upogibne trdnosti	24
3.1.4.3	Priprava vzorcev za fungicidne meritve	25
3.1.4.4	Priprava hranilnega gojišča	26
3.2	METODE	28
3.2.1	Ugotavljanje mehanskih lastnosti	28
3.2.1.1	Ugotavljanje strižne trdnosti	28
3.2.1.2	Ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti	31
3.2.1.3	Ugotavljanje vlažnosti in gostote	33
3.2.2	Ugotavljanje fungicidnih lastnosti	34
3.2.2.1	Določanje navzema	34
3.2.2.2	Izpostavitve vzorcev delovanju gliv	34
3.2.2.3	Ugotavljanje izgube mase vzorcev	36
4	REZULTATI	37
4.1	MEHANSKE IN FIZIKALNE LASTNOSTI	37
4.1.1	Temperatura v lepilnem spoju	37
4.1.2	Strižna trdnost	37
4.1.3	Modul elastičnosti in upogibna trdnost	40
4.1.4	Vlažnost in gostota	41
4.2	FUNGICIDNE LASTNOSTI	43
4.2.1	Mokri navze m zaščitnega pripravka v furnir	43
4.2.2	Izguba mase vzorcev po izpostavitvi glivam	43
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	46
5.1	RAZPRAVA	46
5.1.1	Mehanske lastnosti	46
5.1.2	Fizikalne lastnosti	46
5.1.3	Fungicidne lastnosti	47
5.2	SKLEPI	49
6	POVZETEK	51
7	VIRI	53

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Str.

Preglednica 1: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe in organizme, ki ogrožajo les (SIST EN 335-1, 2006)	3
Preglednica 2: Strižna trdnost in delež loma po lesu. Način priprave 24–urno namakanje	38
Preglednica 3: Strižna trdnost in delež loma po lesu. Način priprave kuhanje–sušenje–kuhanje	39
Preglednica 4: Modul elastičnosti in upogibna trdnost netretiranih in tretiranih preizkušencev	40
Preglednica 5: Vlažnost in gostota zaščitenih in nezaščitenih vzorcev	41
Preglednica 6: Mokri navzem furnirjev	43
Preglednica 7: Povprečna izguba mase vzorcev	43

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Bela hišna goba na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih	6
Slika 2: Primer lesa bukve okuženega z ogljeno kroglico	7
Slika 3: Pisana ploskocevka na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih	8
Slika 4: Ogljena kroglica na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih	8
Slika 5: Simetrija vezane plošče glede na srednjico plošče	10
Slika 6: Načini zlaganja furnirja za troslojno vezano ploščo	10
Slika 7: Mikroskopski izgled lepilnega spoja (Šernek, 2004)	15
Slika 8: Impregnacija furnirjev v banjici s Silvanolinom	20
Slika 9: Zaščitno sredstvo Silvanolin	20
Slika 10: Vakuumska tlačna impregnacijska komora	21
Slika 11: Listi impregniranega in neimpregniranega furnirja v klimatizirani sobi pri T= 22°C, RZV= 55–65 %	22
Slika 12: Visokofrekvenčna enoetažna stiskalnica	23
Slika 13: Klimatska komora za kondicioniranje lesa v normalnih pogojih pri T= 20 °C, RZV= 65 %	23
Slika 14: Načrt krojenja vzorcev za ugotavljanje strižne trdnosti in dimenzije vzorca.....	24
Slika 15: Načrt krojenja vzorcev za modul elastičnosti, upogibno trdnost, gostoto in vlažnost	25
Slika 16: Krojenje plošče za vzorce pri fungicidnih meritvah	25
Slika 17: Nezaščiteni N0–1 in kontrolni vzorec K–1 za kontrolo meritev.....	26
Slika 18: Shematski prikaz namestitve kontrolnega in testnega vzorca po standardu SIST EN 113	27
Slika 19: Izhodna kultura micelija pisane ploskocevke (<i>Trametes versicolor</i>), bele hišne gobe (<i>Poria vaillantii</i>) in ogljikove kroglice (<i>Hypoxylon fragiforme</i>).....	27
Slika 20: Univerzalni testirni stroj Zwick Z100	28
Slika 21: Potapljanje preizkušancev v vodi	29
Slika 22: Priprava vzorcev za kuhanje (levo) in laboratorijski kuhalnik »Kambič« (desno).....	29
Slika 23: Prikaz rezultatov meritev s programom testXpert II	30
Slika 24: Prikaz vpetja in obremenjevanja strižnega vzorca	30

Slika 25: Ocenjevanje loma pri impregniranem vzorcu	31
Slika 26: Ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti z univerzalnim testirnim strojem Zwick Z100	31
Slika 27: Shema 3-točkovnega testa za ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti (SIST EN 310)	32
Slika 28: Merjenje dimenzij vzorcev za ugotavljanje gostote	33
Slika 29: Neimpregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi glivi <i>Trametes versicolor</i>	34
Slika 30: Neimpregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi z glivo <i>Poria vaillantii</i>	35
Slika 31: Impregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi glivi <i>Hypoxylon fragifforme</i>	35
Slika 32: Tehtanje vzorca z analitsko tehtnico	35
Slika 33: Očiščeni in posušeni vzorci po tehtanju	36
Slika 34: Tipičen porast temperature v lepilnem spoju v odvisnosti od časa in temperature stiskanja	37
Slika 35: Srednja vrednost strižne trdnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev (24 ur namakanje)	38
Slika 36: Srednja vrednost loma po lesu pri zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcih (24 ur namakanje)	38
Slika 37: Srednja vrednost strižne trdnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev (kuhanje–sušenje–kuhanje)	39
Slika 38: Srednja vrednost modula elastičnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev	40
Slika 39: Srednja vrednost upogibne trdnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev	41
Slika 40: Povprečne vlažnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev	42
Slika 41: Povprečne vrednosti gostote zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev	42
Slika 42: Izgube mase vzorcev izpostavljenih pisani ploskocevki	44
Slika 43: Izgube mase vzorcev izpostavljenih beli hišni gobi	44
Slika 44: Izgube mase vzorcev izpostavljenih ogljeni kroglici	45
Slika 45: Primerjava vitalnosti gliv na vzorcih po 13 tednih, levo: bela hišna goba, na sredini: pisana ploskocevka in na desni: ogljena kroglica	48

KAZALO PRILOG

- Priloga 1: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- nezaščiteni vzorci: postopek 24 ur namakanja
- Priloga 2: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- zaščiteni vzorci: postopek 24 ur namakanja
- Priloga 3: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- nezaščiteni vzorci: postopek 4 ure kuhanja + 16 do 20 ur sušenja + 4 ure kuhanja
- Priloga 4: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- zaščiteni vzorci: postopek 4 ure kuhanja + 16 do 20 ur sušenja + 4 ure kuhanja
- Priloga 5: Rezultati ugotavljanja modula elastičnosti in upogibne trdnosti- zaščiteni vzorci
- Priloga 6: Rezultati ugotavljanja modula elastičnosti in upogibne trdnosti- nezaščiteni vzorci
- Priloga 7: Rezultati ugotavljanja vlažnosti in gostote- nezaščiteni vzorci
- Priloga 8: Rezultati ugotavljanja vlažnosti in gostote- zaščiteni vzorci
- Priloga 9: Rezultati ugotavljanja izgube mase vzorca pri ogljeni kroglici
- Priloga 10: Rezultati ugotavljanja izgube mase vzorca pri pisani ploskocevki
- Priloga 11: Rezultati ugotavljanja izgube mase vzorca pri beli hišni gobi

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Razvoj obdelave in predelave lesa je omogočil izdelavo najrazličnejših lesnih kompozitov, kamor spadajo tudi vezane plošče. Uporaba vezanih plošč je zelo razširjena. Vezane plošče so izdelane iz medsebojno zlepljenih furniranih listov ali elementov lesa, kjer se potek lesnih vlaken posameznih slojev najpogosteje križa pod pravim kotom. Furnir je tanek sloj lesa enake debeline. Debelina furnirja je od 0,4 do 10 mm. Pridobivamo ga z rezanjem in luščenjem. Proizvodnja furnirja je stara več tisoč let. Poznali so jo že stari Egipčani, Grki in Rimljani, ki so furnir izdelovali ročno s tehniko žaganja.

K razvoju izdelave vezanih plošč je pripomogel razvoj sodobnih načinov izdelave furnirja in prizadevanja, da se masiven les zamenja s kompoziti, ki imajo izboljšane fizikalne in mehanske lastnosti. Zaradi tehnologije izdelave in možnosti uporabe različnih lepil, ki lahko vsebujejo različne dodatke, imajo vezane plošče v primerjavi z masivnim lesom izboljšane lastnosti. Z različnimi ploščami lahko dosežemo tudi večje dimenzije in oblike, ki jih z masivnim lesom ne bi mogli.

V slovenskih gozdovih večinoma prevladujejo manj odporne drevesne vrste, zato je potrebno njihovo trajnost povečati oz. izboljšati s kemično zaščito. Taka zaščita pa ni vedno najbolj prijazna okolju, zato si okoljske organizacije in drugi pristojni organi prizadevajo z zakonodajo uvesti uporabo okolju sprejemljivih zaščitnih sredstev.

Na Katedri za patologijo in zaščito lesa so v raziskovalni skupini skupaj s podjetjem Silvaprodukt uspešno razvili pripravek na osnovi bakra in etanolamina, kjer je vezava bakra v les primerljiva s pripravki na osnovi bakra in kroma. Ta rešitev je zaščitena z mednarodnim patentom (Humar in Pohleven, 2006) in je v prodaji pod komercialnim imenom Silvanolin.

Da plošče zaščitimo pred lesnimi škodljivci, elemente pred lepljenjem impregniramo z različnimi zaščitnimi sredstvi. S testiranjem bomo preizkusili vpliv impregnacije na trdnost lepilnega spoja in odpornost na glive razkrojevalke lesa.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj naloge je razviti zaščitene vezane plošče, ki bodo ob večji odpornosti na škodljivce še vedno imele ustrezne mehanske lastnosti. Trajnost jim bomo podaljšali z zaščitnim sredstvom Silvanolin. Furnirje bomo pred izdelavo plošč impregnirali in nato zlepili z vodoodpornim lepilom. S testiranjem bomo preizkusili njihove mehanske in fungicidne lastnosti.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Pričakujemo, da bodo imele plošče, izdelane iz impregniranih furnirjev, boljšo odpornost na lesne škodljivce, daljšo trajnost, mehanske lastnosti pa se jim ne bodo bistveno poslabšale. Tako bi dobili kakovostnejši in trajnejši lesni izdelek oz. lesni kompozit.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les je naraven in hkrati obnovljiv material. Razkrajanje lesa lahko povzročijo abiotični in biotični dejavniki. Abiotični dejavniki (nežive narave) so: voda, vlaga, veter, visoka in nizka temperatura, UV žarki, kemikalije, mehanske sile in ogenj, ki je med najnevarnejšimi dejavniki, saj se pri požarih uniči velika količina lesa. K biotičnim dejavnikom (žive narave) štejemo bakterije, glive in insekte. Najnevarnejši biotični dejavniki pri nas so glive razkrojevalke lesa. V naravi je sicer proces razkroja zelo pomemben, vendar v gospodarstvu zelo prehitel in nezaželen, zato ga želimo upočasniti.

2.1.1 Zaščita lesa

Ustrezna trajnost lesa ima velik ekonomski pomen in najbolj enostavno jo podaljšamo s pravilno vgradnjo lesa. S kemično zaščito pa lahko tudi naravno neodporne in cenejše drevesne vrste uporabimo na mestih, kjer bi drugače morali uporabiti odpornejšo, običajno dražjo lesno vrsto. Najbolj ogroženi so izdelki v stiku z zemljo in vodo npr. lesení pragovi, drogoví, mostovi, ograje ... Če teh izdelkov ne bi kemijsko zaščitili, bi imeli kratko življenjsko dobo in bi jih morali pogosto menjati. Glede na mesto uporabe, izdelke v skladu s standardom SIST EN 335-1 (2006) razvrščamo v pet razredov izpostavitve, ki so prikazani v Preglednici 1.

Preglednica 1: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe in organizme, ki ogrožajo les (SIST EN 335-1, 2006)

Razred	Mesto uporabe/vlažnost lesa	Ogroženost			
		Insekti	Glive	Modrivke	Izpiranje
I.	Nad tlemi, pokrito–vedno suho (pod 20 %)	+	-	-	-
II.	Nad tlemi, pokrito–nevarnost močenja (obč. 20 %)	+	+	-	-
III.	Nad tlemi, nepokrito–pogosto močenje (pog. 20 %)	+	+	-/+	+
IV.	V tleh ali vodi–stalno vlažno (stalno nad 20 %)	+	+	+	+
V.	V morski vodi (stalno nad 20 %)	+	+	+	+

Glede na to, v kateri razred izpostavitve spada izdelek, izberemo najbolj ustrezne zaščitne ukrepe. Splošni ukrepi, ki veljajo za vse lesne izdelke, so:

- uporaba lesa, ki je odporen proti napadom škodljivcev,
- vgrajevanje zdravega in suhega lesa,
- preprečevanje vlaženja vgrajenega lesa,
- vzdrževanje in higiena stavbe,
- pregledi lesenih predmetov, ki jih vnašamo v stavbo in
- redna kontrola lesa znotraj stavb, ki je v uporabi zunaj (Kervina-Hamovič, 1990; Pohleven, 2008).

S pravilno konstrukcijsko zaščito lahko trajnost lesa bistveno podaljšamo. Z večjimi nadstreški preprečimo močenje fasade in vgrajenih lesnih izdelkov (okna, vrata, zunanje obloge ...) in jim tako zagotovimo nižji razred ogroženosti. Kjer je mogoče, preprečimo stik lesa z zemljo. V zadnjem času električne in telefonske drogove vgrajujejo običajno na betonski temelj. Zunanje lesne obloge obračamo tako, da je obrnjen utor navzdol, s tem preprečimo zastajanje vode v utorih. Med steno in oblogo zagotovimo zračenje z zračnimi kanali, da je sušenje lesa čim hitrejše. Okna vgrajujemo tako, da voda ne zastaja v špranjah, ampak tako omogočeno odteče stran. Strešne konstrukcije morajo imeti med tramovi in izolacijo zračni kanal (Pohleven, 2007; Pohleven, 2008).

2.1.2 Kemična zaščita lesa

Kemični postopki zaščite lesa so ukrepi preventivne zaščite, s katero v les pred njegovo uporabo vnesemo potrebno količino biocidov, ki ga varujejo pred škodljivci. Ker je les za številne lesne škodljivce bivališče in hrana, ga s kemično zaščito zastrupimo, da za njih postane strupen in vsaj odbijajoč. Če pa les zaščitimo–impregniramo, ko so izdelek že napadli lesni škodljivci ali drugi škodljivi dejavniki, imenujemo to represivna ali kurativna zaščita lesa (Kervina-Hamović, 1990).

Preventivno zaščitimo lesne izdelke pred vgradnjo in uporabo. Represivna zaščita pa se uporablja takrat, ko je les že napaden in želimo proces razgradnje zaustaviti. Represivni ukrepi se pogosto uporabljajo v restavracijah. Velja pravilo, da je bolje preventiva kot kurativa.

Pri uporabi kemijskih pripravkov moramo upoštevati naravovarstvene predpise, zato imajo nekemijski ukrepi vedno prednost pred kemijskimi. Kemijsko zaščito uporabljamo le tam, kjer je to nujno potrebno in kjer ne moremo zagotoviti druge oblike zaščite. Tako je nujno potrebna na mestih, kjer je les v stiku z zemljo in kjer prihaja do vlaženja lesa (Pohleven in Petrič 1992).

2.2 GLIVE

Glive so heterotrofni organizmi, ki se lahko oskrbujejo s hranilnimi snovmi kot saprofiti, paraziti ali kot simbionti. Za lesarstvo so najpomembnejše saprofitske glive oz. razkrojevalke lesa. Njihova značilnost je, da z encimi razkrajajo komponente lesa in se na ta način oskrbujejo z organskimi snovmi (Pohleven, 2000).

Sestavljene so iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela, ki sta jasno ločena, čeprav sta oba sestavljena iz hif. Prehranjevalni ali vegetativni del tvorijo hife, ki se med seboj prepletajo in na način tvorijo podgobje oz. micelij. Na njem se razvije razmnoževalni del ali trosnjak, ki je velikokrat viden kot klobuk oz. goba. Glive se razmnožujejo s trosi, ki se razvijajo na trosnjaku in se ob dozoritvi sprostijo v ozračje (Schmidt, 1994).

Za razvoj in obstoj gliv je pomembnih več dejavnikov, ki morajo biti čim bolj optimalni, da lahko glive uspevajo. Najpomembnejši dejavniki so: temperatura (opt. 23–30 °C), vlaga (opt. 30–60 %), zračna vlaga (opt. 90 %, za spore 92–95 %). Poleg teh dejavnikov so pomembni še zrak, svetloba in pa vrednost pH (opt. 4–6). Če kateri od teh dejavnikov manjka oz. ni optimalen, je razkroj upočasnen, če pa je izven območja, gliva razpade.

Pri okužbi lesa glive povzročajo fizikalne in kemične spremembe v lesu. Te spremembe se opazijo navzven šele takrat, ko je les v notranjosti že močno razgrajen. Takrat je za ukrepanje že prepozno.

Okužba se najprej pokaže s spremembo naravne barve lesa. Na podlagi sprememb barve lahko razvrščamo glive v naslednje skupine:

- glive plesni, ki povzročajo površinske barve spremembe lesa,
- glive modrivke, ki globinsko obarvajo beljavo,
- glive, ki povzročajo rjavo destruktivno trohnobo in
- glive, ki povzročajo belo ali korozivno trohnobo.

Najhujše poškodbe na lesnih izdelkih povzročajo prave razkrojevalke lesa. To so glive bele, rjave trohnobe, zato jih bomo podrobneje opisali.

2.2.1 Rjava destruktivna trohnoba

Glive, ki povzročajo rjavo trohnobo, spadajo v skupino prostotrosnic *Basidiomycotina*. Najdemo jih predvsem na lesu iglavcev, redkeje na listavcih. Glive rjave trohnobe razkrajajo celulozo in hemicelulozo, medtem ko ostane lignin skoraj nerazkrojen. Zaradi pribitka lignina postane les rdečkasto–do temno rjave barve. Proti koncu razkroja se na lesu pojavijo globoke prizmatične razpoke, na koncu se zdrobi v rjav prah.

Glive povzročiteljice rjave trohnobe, zelo hitro močno znižajo natezne trdnosti lesa. To se zgodi še preden opazimo izgubo mase. Ta proces pripisujejo depolimerizaciji polioznih molekul in začetni razgradnji celuloze (Green in sod., 1991; Humar in Pohleven, 2000). Znano je tudi, da glive rjave trohnobe razgrajujejo celulozo hitreje kot glive bele trohnobe, za katere je značilen razkroj lignina.

Nekatere glive, ki povzročajo rjavo trohnobo in povzročajo največjo ekonomsko škodo, so: bela hišna goba (*Poria vaillantii*), kletna goba (*Coniophora puteana*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), brezova goba (*Piptoporus betulinus*), hrastova labirintnica (*Deadelea quercina*), smrekova obrobljenka (*Fomitopsis pinicola*) ...

V nadaljevanju je opisana samo bela hišna goba, ker smo jo uporabili za testiranja odpornosti lesa na glive.

2.2.1.1 Bela hišna goba–*Poria vaillantii* (Pv)

Okužuje vlažen les iglavcev, redkeje listavcev. Najdemo jo v osrednji in severni Evropi. Razkrajja predvsem izdelke v vlažnih prostorih in les, ki je v stiku z zemljo (npr. v rudnikih). Veliko škode povzroča na tehničnem lesu. Bela hišna goba povzroča rjavo destruktivno trohnobo. Ob okužbi les hitro izgubi upogibno trdnost, udarna trdnost pa se močno zniža že ob majhni izgubi lesne mase.

Ob okužbi se na spodnji strani pojavi belo podgobje. Iz podgobja se razvijejo beli rizomorfi, ki imajo premer do 4 mm in ostanejo beli in prožni tudi, ko gliva ostari. Trosnjak je različnih velikosti in prerašča površino kot blazina. Na vodoravni površini so trosnice obrnjene navzgor. Barva trosnjakov se s starostjo spreminja (Slika 1). Na začetku so beli, kasneje pa rumenkasto do opečno rdeči. Trosnica je sestavljena iz cevčic nepravilnih oblik. Bazidij z ledvičastimi bazidosporami se razvije na himaniju. Trosi so pri glivi *Antrodia manticola* cilindrični do elipsoidni, pri *Poria vaillantii* pa elipsasto ovalni in nekoliko večji (Benko in sod., 1987).



Slika 1: Bela hišna goba na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih

Optimalni pogoji za rast so 27 °C in 40 % relativne vlažnosti. Raste v temperaturnem območju od 3 do 36 °C. Pri takih pogojih zraste tudi do 12,5 mm na dan. Posebno ji prija, če se v lesu pojavi vlaga v obliki kapljic. Zelo dobro prenaša izsušitev. Gliva lahko še po petih letih sušnega obdobja zopet prične z rastjo, če vlažnost lesa zopet doseže nad 40 % (Unger, 2001).

2.2.2 Bela ali korozivna trohnoba

Glive, ki povzročajo belo trohnobo, razkrajajo lignin. Pri tem sodelujejo predvsem lignolitične oksigenaze. Med njimi so najpogostejše zastopane peroksidaze, ki s pomočjo peroksida, razgrajujejo lignin. Okužbo lesa z glivami bele trohnobe prepoznamo, ker les postaja zmerom svetlejši (vzrok je razgradnja lignina) (Slika 2). Piravost je netipična bela trohnoba. Območja različnih stopenj razkroja lesa ločijo temne črte. Razkrojen les se vlaknasto ali lamelno cepi. Glive, povzročiteljice bele trohnobe, pogosteje, kot les iglavcev okužijo les listavcev. Med najpogostejšimi glivami povzročiteljicami bele trohnobe so: pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), kresilna goba (*Fomes fometarius*), grbasta ploskocevka (*Trametes gibbosa*), kosmata ploskocevka (*Trametes hirsuta*), ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) ... (Eaton in Hale, 1993).



Slika 2: Primer lesa bukve okuženega z ogljeno kroglico

V nadaljevanju so opisane samo glive bele trohnobe, ki smo jih uporabili v raziskavi za diplomsko nalogo.

2.2.2.1 Pisana ploskocevka–*Trametes versicolor* (Tv)

Ta lesna gliva je ena najbolj pogostih lesnih gliv pri nas in tudi v svetu. Razširjena je v listnatih in mešanih gozdovih po vseh kontinentih. Pojavlja se na lesu listavcev, še posebej rada razkrajja bukovino. Okužuje posekan les in poškodovana oslabljen drevesa, lahko pa tudi izdelke iz lesa, ki so v stiku z zemljo, in s tem dela precejšnjo škodo. Na lesu povzroča belo trohnobo, kar pomeni, da razkrajja predvsem lignin. Celuloza pa ostaja v prebitku, kar se izrazi v značilni beli barvi strohnelega lesa (Slika 3). Ob hkratni okužbi z več vrstami lesnih gliv se z njimi bojuje za substrat, kar se odraža v neenakomernem razkroju in temnih črtah. Ta tip trohnobe imenujemo piravost.

Zaradi žilave zgradbe goba ni užitna, primerna pa je za kuhanje čaja. Pripisujejo ji številne zdravilne učinke od izboljšanje imunskega sistema in delovanja proti prehladu. Najbolj znan je njen učinek proti raku (Pohleven, 2009).

Trosnjaki so najpogostejše konzolaste oblike različnih barv. Lahko so beli, rumeni, rjavi, rdečkasti, sivkasti ali črni. Z zgornje strani so drobno dlakavi v izrazitih pasovih. Ponavadi so enoletni kožasti in tanki, redko debelejši od 1 mm.



Slika 3: Pisana ploskocevka na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih

Optimalna temperatura rasti je 30 °C, maksimalna pa 38 °C. Gliva je odporna proti dolgotrajni suši in visokim temperaturam. Za bukovino je značilno, da jo pisana ploskocevka zelo hitro razkroji. V laboratorijskih pogojih izgubi v 16 tednih več kot 35 % svoje mase (Benko in sod., 1987).

2.2.2.2 Ogljena kroglica–*Hypoxylon fragiforme* (Hf)

Ogljena kroglica je zelo pogosta razkrojevalka lesa listavcev v Evropi in Severni Ameriki. Spada med tipične saprofitske glive in okuži odmrle veje kmalu po tem, ko se odlomijo, oz. ko odmrejo. Plodišča najpogosteje vidimo na lubju vej bukve, včasih pa tudi na vejah jelše, breze, gabra ali hrasta. Kljub temu da gliva spada med zaprtotrošnice, zelo dobro razkraja les. Uvrščamo jo med glive bele trohnobe in je tudi ena izmed povzročiteljic piravosti. V laboratorijskih pogojih v 16 tednih razkroji povprečno 40 % mase bukovine (Slika 4).

Ta vrsta peritecijskih gliv ima kopaste, sestavljene trosnjake, ki so brez beta. Plodišča (stromata) ogljene kroglice zrastejo med junijem in novembrom. So hemisferične, pogosto celo povsem sferične oblike. Pojavljajo se posamično ali pa v večjih ali manjših skupinah. Često je celotna površina veje pokrita s trosnjaki. Mladi so sive barve, kasneje za kratek čas postanejo roza-rdeče, zrela plodišča pa so temno rjave barve.

Zanimivo je, da je tudi ta gliva, podobno kot številne druge, uporabna v zdravilne namene (Humar, 2009).



Slika 4: Ogljena kroglica na vzorcih po 16 tednih v laboratorijskih pogojih

2.3 VEZANE PLOŠČE

2.3.1 Definicija vezane plošče

Vezana plošča je izdelana iz najmanj treh, medsebojno zlepljenih furnirnih listov. Potek lesnih vlaken v sosednjih furnirnih listih se križa med seboj pod pravim kotom. Z zlepljenjem furnirskih listov zmanjšamo krčenje in nabrekanje lesa, izboljšamo oz. poenotimo pa mehanske in fizikalne lastnosti v vzdolžni in prečni smeri plošče. Vezane plošče delimo po številu furnirnih listov oz. slojev na troslojne ali tripleks in večslojne ali multipleks plošče. Lahko so izdelane iz ene ali več vrst lesa. Po vrsti lesa jih delimo na:

- navadne vezane plošče (izdelane iz ene vrste lesa; npr. bukova vezana plošča) in
- kombinirane vezane plošče (izdelane iz dveh ali več vrst lesa; npr. zunanji sloj bukov, notranji pa smrekov furnir).

Po načinu uporabe vezane plošče delimo na:

- vezane plošče za notranjo uporabo (uporaba v zaprtih prostorih),
- vezane plošče za prostore z visoko in spremenljivo vlažnostjo,
- vezane plošče za zunanjo uporabo in
- vezane plošče za uporabo pri plovilih.

Glede na področje uporabe jih izdelujejo za (Nikolić, 1988):

- proizvodnjo pohištva,
- proizvodnjo vrat,
- uporabo v gradbeništvu,
- železniške vagone, karoserije, kontejnerje, silose,
- različno embalažo.

2.3.2 Prednosti vezanih plošč

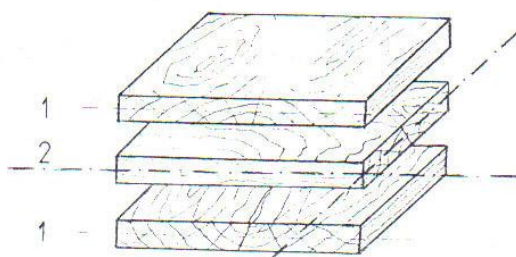
V primerjavi z masivnim lesom, imajo vezane plošče izboljšane lastnosti. Zaradi križnega položaja posameznih slojev je krčenje in nabrekanje lesa omejeno na 0,1 do 0,4 %, kar je zanemarljivo malo. Pri masivnem lesu je delovanje lesa veliko večje: v radialni smeri od 2,3 do 6,8 %, v tangencialni smeri pa od 6 do 12 %.

Trdnost vezane plošče je skoraj izenačena v vzdolžni in prečni smeri. Masiven les pa ima največjo trdnost v smeri lesnih vlaken. Povečana je odpornost proti razpokanju. Pri žebljanju in večjih obremenitvah masiven les ob robovih rad razpoka. Pri ploščah obstaja možnost proizvodnje ukrivljenih izdelkov (Čermak, 2001).

2.3.3 Osnovna pravila sestave vezane plošče

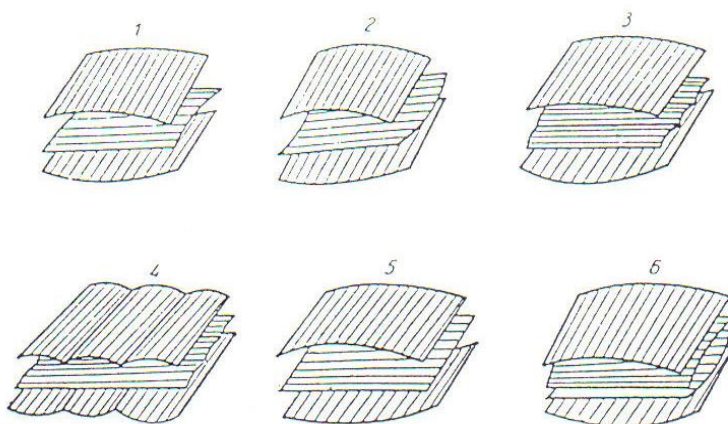
Najvažnejše pravilo sestave vezanih plošč je pravilo simetrije. Os simetrije se nahaja na sredini srednjega sloja plošče (Slika 5). Na vsako stran osi so furnirji enake debeline, enakega poteka lesnih vlaken, iste vlažnosti, drevesne vrste in tehnike izdelave. Vezane plošče izdelujejo iz neparnega števila furniranih listov (os simetrije mora potekati po lesu, ne po lepilnem sloju). Plošča se krivi in vitoperi, če odstopa od simetrije.

Z višanjem števila slojev izotropnost vezane plošče narašča. To pomeni, da je plošča sestavljena iz več tanjših furniranih listov kvalitetnejša. Najpogostejša sestava vezanih plošč je, da se potek lesnih vlaken križa pod pravim kotom (90°). Kakovost vezanih plošč se bistveno povečuje z manjšanjem kota poteka lesnih vlaken; pod 90° . Take plošče imajo sestavo v obliki zvezde (zvezdaste vezane plošče), kjer so furnirni listi zloženi pod kotom 15° do 60° (Nikolić, 1988).



Slika 5: Simetrija vezane plošče glede na srednjico plošče (Nikolić, 1988)

Najpogostejše debeline furnirja za zunanji sloj so 1.1, 1.4, 1.5 ali pa 1.6 mm. Za srednje, notranje sloje plošče so najpogostejše debeline listov 2.2, 2.6, 3.2 in 3.6 mm (Nikolić, 1988). Pri sestavi plošč pazimo, da so konkavne strani zunanjih furniranih listov obrnjene proti sredici, ker so vedno nekoliko bolj razpokane (Slika 6).



Slika 6: Načini zlaganja furnirja za troslojno vezano ploščo (Nikolić, 1988)

2.3.4 Mehanske in fizikalne lastnosti vezanih plošč

Glede na masiven les se mehansko-fizikalne lastnosti furniranih plošč zelo razlikujejo, kar predstavlja posledico vpliva termične obdelave v postopku lepljenja, slojev vgrajenega lepila in medsebojnih položajev furnirjev v plošči (Mešić, 1998).

2.3.4.1 Mehanske lastnosti

Glede na področje uporabe, furnirske plošče predstavljajo sofisticiran konstrukcijski material, ki mora imeti odpornost na vpliv zunanjih mehanskih sil. Glavne mehanske lastnosti furnirnih plošč so:

- natezna trdnost,
- upogibna trdnost,
- modul elastičnosti,
- strižna trdnost,
- strižna trdnost v suhem stanju in po različnih postopkih predpriprave (potapljanje v vodi ali kuhanje).

Mehanske lastnosti furnirnih plošč so odvisne od: lesne vrste, gostote, vlažnosti, vrste lepila, konstrukcije plošče, tehnološkega režima in načina izdelave furnirja. Vlažnost vpliva na kvaliteto lepljenja in trdnost plošče. S povečanjem vlažnosti do točke nasičenosti prihaja do hitrega zmanjšanja trdnosti, medtem ko nad to točko trdnost počasneje pada. Vrsta lepila zelo vpliva na natezno trdnost in odpornost proti zračni vlagi ter namakanju v hladni ali topli vodi.

V primerjavi z masivnim lesom je elastičnost furnirnih plošč veliko večja. Na elastičnost in plastičnost plošč vpliva: vrsta lesa, debelina, št. slojev, smer poteka vlaken in vrsta lepila. S povečanjem debeline plošče pri istem številu slojev, se elastičnost zmanjšuje. Modul elastičnosti je odvisen od smeri vlaken v plošči, s povečanjem števila slojev se razlika glede na smer vlaken zmanjšuje.

Na elastične in plastične lastnosti vpliva smer lesnih vlaken furnirja, vrsta lesa, uporabljeno lepilo in tehnologija izdelave plošč. Modul elastičnosti je večji pri ploščah z vzporednimi vlakni zunanjih furnirjev in je v pozitivni korelaciji s številom slojev. Anizotropičnost sestavljenih plošč je občutno manjša. Plastične lastnosti plošč so pomembne zlasti pri zvijanju in stiskanju plošč kot tudi vtiskavanju reliefnih odtisov. Plošče, sestavljene iz lesa iglavcev, imajo nižjo plastičnost kot plošče listavcev. Prav tako je plastičnost plošč, lepljenih s sintetičnimi lepili, večja kot pri ploščah lepljenih z naravnimi lepili (Nikolič, 1983).

2.3.4.2 Fizikalne lastnosti

Fizikalne lastnosti vezanih plošč so: gostota, higroskopnost, trdota, toplotne, električne in akustične lastnosti.

Gostota:

Gostota v vezanih ploščah je odvisna od vrste lesa, št. slojev in debeline furnirja, procentualnega deleža posameznega sloja, lepila ter nanosa lepila. Poleg tega na gostoto vpliva tudi specifičen, tlak v stiskalnici, temperatura in čas stiskanja.

Prostorninska masa, izražena v kg/m³, nam lahko pomaga kot kriterij in merilo trajnosti lesa ter lesnih produktov. Gostota vezanega lesa je lahko za 18–20 % večja od gostote furnirja. Odvisno od namena uporabe plošč so tudi zahteve glede gostote različne (Nikolič, 1988).

Higroskopnost:

Posamezni furnirji imajo glede na masiven les iste vrste približno enake higroskopske lastnosti. Higroskopsko ravnotežje furnirnih plošč je nekoliko nižje, kar je posledica lepljenja po vročem postopku. Odvisno pa je tudi od prodiranja lepila in nastalih deformacij. Vpijanje proste vode je pri furnirnih ploščah mnogo manjše kot pri masivnem lesu, glede na to, da je en del por zapolnjen z lepilom. Zmanjšuje se z zmanjševanjem debeline furnirja in povečevanjem nanosa lepila. Hitrost vpijanja vlage je nekoliko večja kot pri masivnem lesu in raste z zmanjšanjem debeline plošče.

Nabrekanje je v direktni vezi z vpijanjem. Pri ploščah se zelo razlikuje glede na smer vlaken spojenih furnirjev. Način izdelave furnirja vpliva na proces vpijanja in nabrekanja. Luščeni furnirji imajo zaradi razpok, ki nastanejo v procesu luščenja, večjo stopnjo vpijanja in nabrekanja glede na rezane furnirje.

Trdota:

Pod trdoto plošče razumemo odpornost plošče proti prodiranju drugega telesa. Trdota je odvisna od anatomske zgradbe lesa, vlažnosti, načina lepljenja, gostote, trajanje tlaka in temperature (Mešič, 1998).

Toplotne lastnosti:

Toplotna prevodnost λ je toplotna energija Q , ki preteče na časovno enoto t , skozi debelino s , s površino A , pri stalni temperaturni razliki $T_2 - T_1$ med obema površinama.

$$\lambda = \frac{Q \cdot s}{A \cdot t (T_2 - T_1)} \quad [\text{kJ/mhK}] \quad \dots 1$$

Na prevodnost lesa za toploto vplivajo številni dejavniki. Tako je npr. vpliv gostote lesa linearen in pozitiven, prav tako vpliv vlažnosti, ki pa je odvisen od gostote lesa. Vpliv vlažnosti med 5 in 35 % ponazarja enačba 2.

$$\lambda_2 = \lambda_1 [1 - 0,0125 (u_1 - u_2)] \quad \dots 2$$

Prav tako je poznano, da z naraščajočo temperaturo lesa njegova prevodnost za toploto narašča. Ta odvisnost je linearna.

Specifična toplota lesa ali materiala je razmerje med njegovo toplotno kapaciteto in toplotno kapaciteto vode pri 15 °C. Če je za segretje določene mase snovi m od nižje temperature T_1 do

višje temperature T_2 potrebna določena količina toplote Q , je specifična toplota c definirana z enačbo:

$$c = \frac{Q}{m \cdot (T_2 - T_1)} \quad [\text{kJ/kgK}] \quad \dots 3$$

Pri tehničnih izračunih za trdne in tekoče snovi je najuporabnejši podatek o t.i. povprečni specifični toplotni c_m , ki jo je med temperaturama 0°C in $T^\circ\text{C}$ mogoče podati z enačbo:

$$c_m = \frac{1}{T} \int_0^T c \cdot dT \quad [\text{kJ/kgK}] \quad \dots 4$$

Za območje temperature od 0°C in 100°C je po enačbi 4 izračunana povprečna specifična toplota lesa $1,36 \text{ kJ/kgK}$. Povprečna vrednost specifične toplote, dobljene z meritvami na 20 različnih lesnih vzorcih je med 0°C in 106°C , znaša prav tako $1,36 \text{ kJ/kgK}$ (minimum $1,33$ in maksimum $1,42 \text{ kJ/kgK}$). Medtem ko je povprečna specifična toplota neodvisna od drevesne vrste in gostote lesa, je njena odvisnost od vlažnosti lesa precejšnja in je podana z enačbo (Resnik, 1995):

$$c = x \cdot c_v \cdot (1 - x) \cdot c_o \quad [\text{kJ/kgK}] \quad \dots 5$$

x vlažnost, izračunana na podlagi mokre mase,

c_o povprečna specifična toplota absolutno suhega lesa [$1,36 \text{ kJ/kgK}$],

c_v specifična toplota vode [$4,2 \text{ kJ/kgK}$].

Električna prevodnost in upornost lesa:

Električne lastnosti lesa so zaradi njegove kompleksne zgradbe in higroskopičnih lastnosti zelo nepredvidljive. Les je sestavljen iz majhnih kristaliničnih regij, dispergiranih med amorfni materialom. Amorfn material je higroskopičen, zato les vsebuje količino vlage, ki je v ravnovesju z vlažnostjo okolice. Vlažnost je tudi najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na električne lastnosti lesa ki so:

- električna prevodnost in upornost,
- dielektrična vrednost,
- faktor izgub in
- faktor intenzivnosti segrevanja.

Les ni idealen dielektrik in zato se v njem, ko je izpostavljen kondezatorskem polju, generira toplota, kar se s pridom izkorišča v tehnologiji obdelave lesa. Ker pa les ni homogena snov, njegovega obnašanja v električnem polju ne moremo določiti vnaprej, pač pa ga lahko le predvidevamo znotraj določenega območja, ki ga dobimo na osnovi številnih meritev. Obnašanje lesa v določenih pogojih je namreč odvisno od številnih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši:

- smer vlaken glede na silnice električnega polja,
- vlažnost lesa,
- gostota lesa,
- frekvenca,
- temperatura in

➤ vsebnost ekstraktivnih snovi.

Električna prevodnost je običajno izražena kot gostota električnega toka v prevodnem sredstvu. Posamezni ioni in elektroni prevodnega materiala nihajo približno v ravnovesju. Zaradi delujočega el. polja je to gibanje usmerjeno in ga imenujemo »prevajalni tok«.

V dielektriku oz. neprevodnem materialu lahko pride do premestitve elektronov znotraj atomov in atomov znotraj molekul. Poleg tega pride še do premestitve adsorbiranih ionov in rotacije polarnih molekul. Skupni vpliv vseh premestitev nabojev imenujemo polarizacija ali »premesitveni tok«.

Tok, ki teče skozi heterogeni dielektrik, kakršen je les–lepilo–les, je vsota več vrst polarizacijskih tokov. V osnovi ločimo dve vrsti prevodnosti:

- prosto ionsko prevodnost in
- vezano ionsko prevodnost (molekulski premik).

Kompleksno prevodnost lesa lahko podobno kot kompleksno dielektrično vrednost izrazimo z enačbo:

$$Y = Y' + j * Y'' \quad [1/\Omega\text{cm}] \quad \dots 6$$

Y kompleksna prevodnost [$1/\Omega\text{cm}$]

Y' prevodnost združena z oddano energijo kot toploto v dielektriku [$1/\Omega\text{cm}$]

Y'' prevodnost, sorazmerna z lahkoto premestitve električnih jeder v dielektriku [$1/\Omega\text{cm}$]

J operator, ki množi količino Y'' z 90°

Recipročna vrednost električne prevodnosti je upornost, ki je definirana kot količina, ki nasprotuje toku električne energije skozi material. Povezavo med električno prevodnostjo in upornostjo lahko izrazimo z enačbami (Resnik, 1995):

$$r = R * \frac{A}{d} \quad [\Omega\text{cm}] \quad \dots 7$$

in

$$y = \frac{1}{r} = \frac{d}{R * A} \quad [1/\Omega\text{cm}] \quad \dots 8$$

r.....specifična upornost dielektrika [Ωcm]

R.....upornost [Ω]

A.....površina prereza [cm^2]

d.....dolžina [cm]

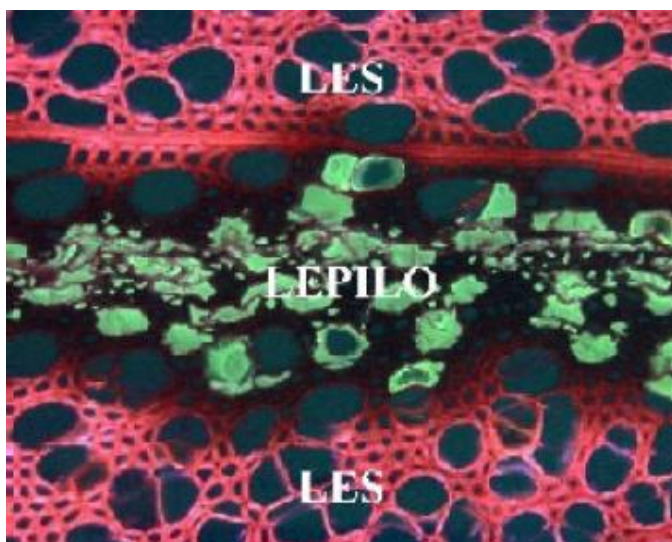
y.....specifična prevodnost dielektrika [$1/\Omega\text{cm}$]

2.4 LEPILA IN LEPLJENJE

V lesarstvu, kot gospodarski dejavnosti, ki se ukvarja z nabavo, obdelavo, predelavo in trženjem lesa, lesnih izdelkov, polizdelkov in kompozitov, je lepljenje zelo pomembna faza, saj skoraj ni izdelka, ki ne bi bil lepljen. Lepljenje lesa je kompleksen proces, ki obsega pripravo površine lesa, nanos lepila, tok in prenos lepila med lepljenima površinama, omočitev površine lesa, penetracijo lepila v lumne in celične stene lesa, ter utrjevanje lepila (Šernek, 1999).

Les lepimo z namenom, da povečamo izkoristek lesa, izboljšamo mehanske in fizikalne lastnosti, ga oplemenitimo, povečamo dimenzije, zaščitimo, povečamo kvaliteto, ga oblikujemo, dobimo nove konstrukcijske povezave in mu povečamo obseg uporabe.

Pod pojmom lepljenje razumemo spajanje dveh enakih ali različnih materialov z lepilom (Slika 7).



Slika 7: Mikroskopski izgled lepilnega spoja (Šernek, 2004)

2.4.1 Zahteve pri lepljenju

Lepila, ki se uporabljajo v lesni industriji, morajo imeti predvsem naslednje lastnosti (Resnik, 1989):

- ustrezno vezivno trdnost,
- za različne namene uporabe različne hitrosti vezenja,
- da so kemično čim bolj nevtralna in ne povzročajo sprememb barve lesa,
- po utrjevanju morajo biti dovolj elastična, da se prilagodijo delovanju lesa,
- da čim manj obrabljajo delovno orodje,
- da imajo čim daljši čas mešanice (pot life),
- da so čim bolj enostavna za uporabo, ekonomična in da jim je mogoče dodajati različne primesi za pocenitev, proti prebijanju, za obarvanje itd.,
- doba skladiščenja mora biti čim daljša,

- da so zdravju neškodljiva tako med lepljenjem kot tudi pri uporabi lepljencev (formaldehid, fenol ...),
- da v posameznem primeru izpolnjujejo posebne zahteve, kot so odpornost proti vlagi in vodi, proti toploti, mrazu, staranju, odpornost proti določenim kemikalijam,
- da imajo glede na področje uporabe različne odprte in zaprte čase in
- da so enostavna za pripravo in uporabo.

2.4.2 Delitev lepil

2.4.2.1 Delitev lepil glede na surovinsko osnovo

NARAVNA LEPILA:

- lepila rastlinskega izvora (škrobna in dekstrinska lepila, lepila iz soje in kikirikija, iz naravne gume in pa celulozna lepila),
- lepila iz živalskega izvora (lepila iz kože, kit, kosti ... To so glutinska lepila, lepila iz mleka to so kazeinska lepila in pa lepila iz krvnega albumina),
- šelak lepilo,
- bitumensko lepilo,
- vodno steklo.

SINTETIČNA LEPILA:

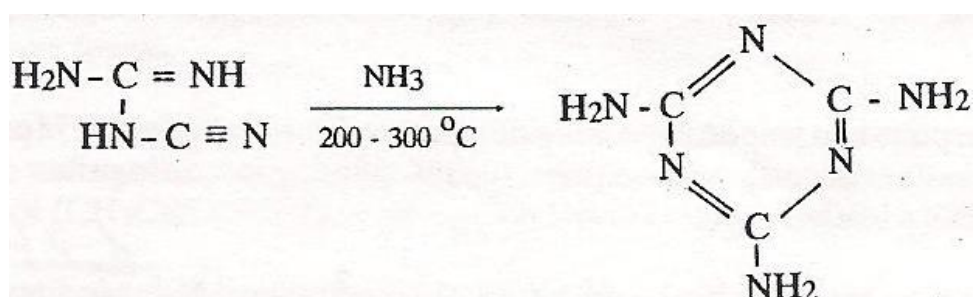
- polimerizacijska lepila: (polivinilacetatna lepila PVA, polivinilalkoholna lepila, polivinilkloridna lepila, poliakrilatna lepila in lepila iz sintetičnega kavčuka),
- polikondenzacijska lepila: (urea–formaldehidna UF, melamin–formaldehidna MF, fenol–formaldehidna FF, resolcinol–formaldehidna, poliamidna, poliestrska),
- poliadicijjska lepila: (poliuretanska lepila, epoksidna lepila).

2.4.3 Melamin–formaldehidna lepila

Osnovna sestavina teh lepil je heterociklična dušikova spojina melamin, spadajo pa v skupino aminoplastov. Njihova izdelava je zahtevna in draga. Melaminska lepila so kvalitetna in se veliko uporabljajo.

Za izdelavo MF smol je znanih več načinov:

Eden od njih je, da iz kalcijevega karbida in dušika nastane kalcijev cianamid, ki reagira z žvepleno kislino v diciandiamid, ta pa dalje z amoniakom ob povišani temperaturi in tlaku v melamin. Mehanizem reakcije je zapleten in še ne popolnoma pojasnjen.



Drugi način je izdelava melamina iz sečnine in amoniaka ob delovanju tlaka in temperature.

Proces kondenzacije melamina in formaldehida je podoben kot pri urea–formaldehidni smoli. Pri pH 5–6 kondenzira en mol melamina s 3–4 moli formaldehida. MF lepila izdelujejo v tekoči obliki ali obliki praha in filmov. Bolj običajna je prašnata oblika, ki ima dolgo življenjsko dobo in se dobro topi v vodi.

MF lepila uporabljajo za zahtevnejša lepljenja (odporna so tudi proti vroči vodi), za spahovanje furnirjev in kot dodatek za izboljšanje lastnosti drugih lepil.

V primerjavi z UF lepili imajo melamin–formaldehidna lepila (MF) boljšo odpornost proti zračni vlagi in vodi ter večjo stabilnost pri višjih temperaturah. Primernejša so za uporabo pri nizkih temperaturah in za posebna lepljenja, ko se zahtevajo zelo kratki časi utrjevanja. Poleg lepljenja so primerna tudi za impregnacijo površin lesnih plošč.

2.4.3.1 Utrjevanje MF lepil

Utrjevanje MF lepil je nadaljevanje pri izdelavi lepila prekinjene reakcije kondenzacije. Reakcijo sproži sprememba pH vrednosti z dovajanjem toplote ali brez nje. Vroče lepljenje je mogoče tudi brez utrjevalcev, običajna temperatura lepljenja je 150 °C. Uporabljajo se kisli utrjevalci, torej kisline ali soli močnih kislin (HCl, NH₄Cl). Utrjevanje MF lepil sestavljata kemijski in fizikalni del, rezultat pa je tridimenzionalna povezava molekul in duromeren lepilni spoj. Prehitro utrjevanje povzroči krhke spoje.

2.4.3.2 Priprava, nanos in uporaba MF lepil

MF lepila so kvalitetna, njihova največja pomanjkljivost pa je visoka cena. Zaradi tega se v čisti obliki uporabljajo za najzahtevnejša lepljenja, sicer pa jih mešajo z drugimi lepili ali pa jim dodajajo veliko količino cenениh primesi. Ob dodatku do 300 % nevtrálnih primesi daje MF lepilo še vedno kvalitetne lepilne spoje (Resnik, 1989).

Poznana je uporaba MF lepil za lepljenje v industriji letal, ladij, čolnov in motornih vozil. Pri visokih temperaturah vežejo v nekaj sekundah, kot je to pri spahovanju furnirja.

Spoji MF lepil so odporni proti kemikalijam, oljem, organskim topilom, insektom in glivam.

Lepilo je potrebno pripraviti po navodilih proizvajalca. Čas priprave iz prašnate oblike je 15 do 20 min. Po dodatku utrjevalca so primerne nekovinske posode in pribor. Neutrjeno lepilo je mogoče očistiti s hladno vodo.

Nanos lepilne mešanice naj bo 200 do 250 g/m², odprti čas pa je v povprečju med eno in dvema urama. Temperature lepljenja so med 10 in 240 °C, najpogostejše pa med 110 in 140 °C. Tlak stiskanja je odvisen od vrste in namena lepljenja in se giblje med 5 in 20 bari. Čas utrjevanja je med 1 in 5 min, vlažnost lesa pa med 5 in 12 %. MF lepilom pogosto dodajajo lesno, rženo in fižolovo moko ter karboksimetilcelulozo. Čas skladiščenja raztopine pri 15 do 25 °C je do dva meseca (Resnik, 1989).

2.4.3.3 Pregled relevantne literature

Vpliv dodatkov in predhodne obdelave lesa na lepilni spoj:

Šega (1992) je ugotavljal vpliv dodatka ognjezadrževalnega sredstva na nekatere mehanske lastnosti in gorljivost furnirne plošče. Iz njegovih ugotovitev je razvidno, da dodatek negativno vpliva na strižno trdnost. S povečevanjem dodatka pada trdnost lepilnega spoja. Na modul elastičnosti in upogibno trdnost ni videti negativnega učinka. Pri modulu je opazen celo majhen porast.

Ena od ugotovitev je bila, da dodatek biocida v lepilni mešanici malenkost poslabša strižno trdnost lepilnega spoja v primeru MUF lepil, pri PU lepilnih mešanicah pa je dodatek biocida strižno trdnost nekoliko izboljšal (Ugovšek, 2009)

S podobnimi testiranjmi se je ukvarjal tudi Zanjekovič (2007). Med drugim je ugotavljal strižno trdnost lepljencev lepljenih po tehnologiji Plato z MUF lepili z različnimi lesovi. Rezultati strižne trdnosti ne odstopajo veliko od naše reziskave.

Humar (2006) je ugotavljal sorpcijske lastnosti lesa zaščenega s pripravki na osnovi bakra in etanolamina. Baker–etanolaminski pripravki so najbolj pomembna skupina biocidnih raztopin za zaščito lesa. Z željo dvigniti lesenim izdelkom dodano vrednost je pogosto potrebno impregniran les še lepiti ali površinsko obdelati. Zato moramo poznati sorpcijske lastnosti zaščenega lesa. Vlažnost lesa, impregniranega s tremi bakrovimi pripravki, je določal z uravnovešanjem pri petih različnih relativnih zračnih vlažnostih, v procesu adsorpcije in desorpcije. Ugotovil je, da impregnacija bistveno ne vpliva na vlažnost lesa izpostavljenim nižjim relativnim zračnim vlažnostim (pod 88 %), po drugi strani pa je opazil, da je vlažnost impregniranega lesa uravnovešenega pri 100 % zračni vlažnosti bistveno višja od neimpregnirane smrekovine. Prav tako je Humar (2008) ugotovil, da je adsorpcija bakrovih učinkovin v les, impregniran z baker–etanolaminskimi pripravki, hiter proces. V prvih šestih urah impregnacije se adsorbira med 60 in 80 % bakra v les. Adsorpcija je nekoliko hitrejša pri bukovini. Poleg lesne vrste pa na adsorpcijo vplivata še temperatura in koncentracija. Z višjo koncentracijo pripravka narašča tudi adsorpcija bakrovih učinkovin v iveri. Impregnacija pri 50 °C lahko močno izboljša adsorpcijo bakrovih učinkovin v les.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

V diplomski nalogi smo proučevali vpliv predhodne impregnacije s Silvanolinom na mehanske in fungicidne lastnosti vezanih plošč. Plošče smo zlepili iz bukovega furnirja (*Fagus sylvatica* L.). Izdelali smo troslojne vezane plošče.

3.1.1 Uporabljen lepilo MELDUR H97«

Za lepljenje smo uporabili melamin–urea–formaldehidno lepilo MELDUR H97 proizvajalca Melamin Kočevje. To lepilo se uporablja za termično lepljenje bukovega lesa za vodoodporne izdelke E–1 emisijskega razreda. Prav tako je primerno za uporabo v proizvodnem procesu, kjer imajo pred termičnim stiskanjem tudi hladno predstiskanje.

Nekatere lastnosti lepila:

Fizikalno kemične lastnosti

Videz: mlečno bela tekočina

Suha snov: 63 ± 2 %

Viskoznost (DIN EN ISO 2431 $\phi 4$, 20 °C): 80–200 sekund

Prosti formaldehid: max 0,5 %

pH: 9,2–9,5

Stabilnost pri 20 °C: 2 meseca

Način uporabe

Meldur H97: 100 delov

Ržena ali pšenična moka: 5–7 delov

Katalizator: ((NH₄Cl) 1 del ali (NH₄)₂SO₄ 2–3 dele)

Vse navedene komponente stresemo v mešalno posodo in mešamo z električnim mešalcem 15 do 20 min. Tako pripravljena lepilna mešanica je pri 20 °C stabilna 8 ur. Proizvajalec priporoča dodajanje katalizatorja v prahu, ker z dodatkom raztopine mešanici znižujemo viskoznost, ki jo uravnavamo z dodatkom polnila (moke), s tem pa lahko poslabšamo vodoodpornost lepljencev.

Nanos lepila naj bi bil 180–250 g/m². Vlažnost lesa naj bi bila med 6 in 12 %. Preveč suh oz. vlažen les lahko povzroči nepravilnosti pri lepljenju. Pri visokofrekvenčnem lepljenju je potrebno povečati količino katalizatorja, in jo optimizirati.

Pogoji za utrjevanje lepila:

Temperatura: 125–135 °C

Tlak: 1,8–2,5 N/mm²

Odprti čas pri (25 °C): 15–30 min

Čas stiskanja: odvisno od debeline $\frac{1 \text{ min} / 1 \text{ mm}}{2}$ + osnovni čas (4 min)

3.1.1 Priprava furnirjev

Liste furnirjev dimenzije 500 mm × 130 mm × 2,3 mm smo najprej klimatizirali v klimatski komori, da se je izenačila vlažnost furnirjev, saj ta ni bila pri vseh enaka. Nato smo polovico furnirjev impregnirali s zaščitnim sredstvom »Silvanolin« (Slika 8). Za izdelavo 60 troslojnih vezanih plošč dimenzije 500 mm × 130 mm × 6,5 mm smo pripravili 120 vzdolžnih in 60 prečnih listov furnirja.



Slika 8: Impregnacija furnirjev v banjici s Silvanolinom

3.1.2 Uporabljen zaščitno sredstvo »SILVANOLIN«

Sestava pripravka:

Za impregniranje furnirja pred lepljenjem smo uporabili zaščitni pripravek CuEOQ, ki je komercialno znan pod imenom Silvanolin in ga proizvaja slovensko podjetje Silvaproduct d.o.o. (Slika 9). To zaščitno sredstvo je v osnovi vodna raztopina petih spojin, in sicer je sestavljen iz bakrovega (II) sulfata (0,25 %), etanolamina (1,442 %), kvartarne amonijeve spojine (0,25 %), oktanojske kisline (0,284 %) ter borove kisline (0,119 %).



Slika 9: Zaščitno sredstvo Silvanolin

Vlažnost lesa pred zaščito:

Les mora biti pred zaščito ustrezno posušen. Pred impregnacijo v kotlu (vakuumška impregnacija) mora biti vlažnost lesa obvezno nižja od 30 %, ker drugače zaščitni pripravek ne more prodreti v les. Proizvajalec pa priporoča, da je vlažnost lesa med 15 in 20 %.

Izbira lesa:

Les mora biti pred impregnacijo zdrav, brez trohnobe ali poškodb insektov.

Temperatura:

Zaščitni pripravek Silvanolin moramo uporabljati med 5 in 35 °C. Pri nižjih temperaturah lahko prihaja do obarvanja aktivnih učinkovin.

Postopki zaščite:

Je primeren za vse postopke zaščite (premazovanje, namakanje, brizganje, oblivanje ali vakuumška impregnacija). Najboljši način je impregnacija v kotlu. Pri namakanju pustimo les v kadi 2–24h.

Izpirljivost:

Silvanolin se v dveh dneh (48 ur) veže v les in postane neizperljiv (Silvaprodukt, 2008).

Pri izvedbi mehanskih in fungicidnih testiranj ter pri izdelavi vezanih plošč smo uporabili naslednjo opremo:

- klimatsko komoro,
- laboratorijsko steklovino,
- elektronsko tehtnico,
- vakuumsko tlačno komoro,
- avtoklav,
- sušilnik,
- rastno komoro,
- valjčni nanašalnik,
- enoetažno visokotemperaturno stiskalnico in
- naprava za mehansko testiranje Zwick Z100.

3.1.2.1 Impregnacija furnirjev

Impregniranje je potekalo po postopku polnih celic v vakuumsko–tlačni komori (Slika 10) v skladu z standardom SIST EN 113 (1996). Stehtane vzorce smo zložili v posode za impregniranje, tako da se niso furnirji stikali med seboj, in jih prelili s Silvanolinom, da so bili popolnoma prekriti. Furnirje smo med impregniranjem obtežili, da niso priplavali na površje. V impregnacijsko komoro smo dali po eno posodo naenkrat.



Slika 10: Vakuumsko tlačna impregnacijska komora

3.1.3 Lepljenje plošč

Za lepljenje troslojnih vezanih plošč smo imeli na razpolago 88 prečnih furnirjev, od tega jih je bila polovica zaščitena s Silvanolinom, in 176 vzdolžnih furnirjev. Tudi polovica teh je bila zaščitena s Silvanolinom. Po impregniranju so imeli impregnirani furnirji 16,9 % vlažnost, neimpregnirani pa 13,7 %, zato smo morali vlažnost izenačiti v klimatski komori, kjer smo furnirje pustili dva tedna. Po klimatiziranju se je vlažnost impregniranih furnirjev uravnovesila pri 10,8 %, neimpregniranih pa pri 9,4 % (Slika 11).

Za lepljenje smo uporabili melamin-urea-formaldehidno lepilo Meldur H97. Najprej smo po formulah izračunali potreben nanos lepila in ustrezen tlak stiskanja.

Parametri lepljenja:

Nanos: 200 g/m²

Temperatura lepljenja: 135 °C

Specifični tlak: 20 bar

Odprti čas: 5–10 min

Laboratorijski pogoji:

T= 24,5 °C

φ= 27,2 %



Slika 11: Listi impregniranega in neimpregniranega furnirja v klimatizirani sobi pri T= 22 °C, RZV= 55–65 %

Izdelali smo dve vrsti plošč. Ene so bile zlepljene tako, da je bil prečni furnir na sredini, druge pa tako, da je bil vzdolžni furnir na sredini. To smo naredili zato, ker smo take plošče potrebovali za testiranje.

Izračunali smo, da za eno ploščo potrebujemo 35 g lepila, 0,03 g katalizatorja in 0,18 g moke. Da smo zagotovili enakomeren nanos lepila po celotni površini furnirja smo lepilo nanašali z valjčkom. V visokofrekvenčni stiskalnici (Slika 12) smo hkrati stiskali po dve plošči.



Slika 12: Visokofrekvenčna enoetažna stiskalnica

Plošči sta v stiskalnici pri stiskanju dosegli najvišjo temperaturo 135 °C, ostali parametri pri stiskanju pa so bili: tlak 65 bar, kar je predstavljalo 20 barov specifičnega tlaka. Čas stiskanja je bil 6,5 min. Temperaturo smo merili na prvih štirih ploščah tako, da smo med zunanji in vmesni furnir vstavili termočlen, s katerim smo v lepilnem spoju med časom stiskanja izmerili temperaturo. Po končanem lepljenju smo plošče ponovno kondicionirali v klimatski komori (Slika 13). Vanjo smo zložili plošče in jih tudi obtežili, da se niso zvijale. Nezaščitene plošče smo označili z oznakami od N1 do N32 z oznakami T1 do T32 za zaščitene plošče. Naredili smo tudi poskusni plošči N0 in T0.

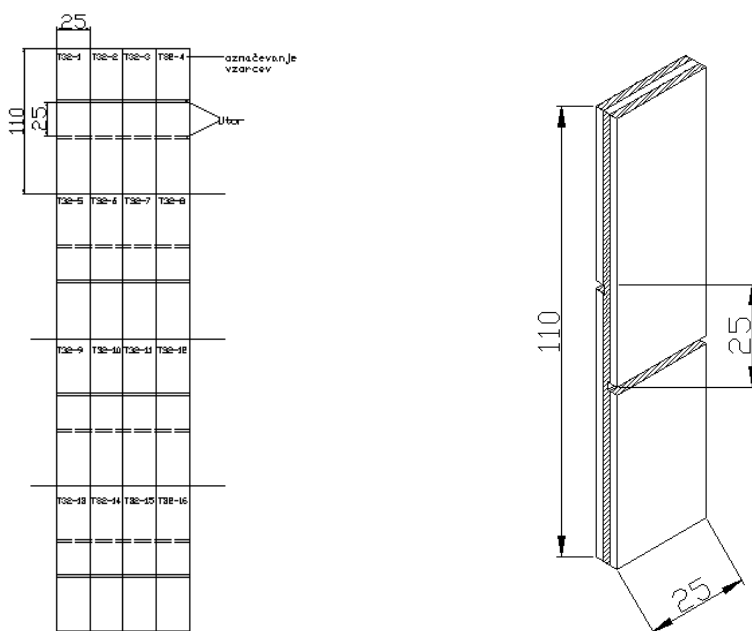
Slika 13: Klimatska komora za kondicioniranje lesa v normalnih pogojih pri $T = 20\text{ °C}$, RZV = 65 %

3.1.4 Priprava vzorcev

Vzorci smo krojili iz plošč, ki smo jih predhodno zlepili. Dimenzije plošče so bile 500 mm × 130 mm × 6,2 mm. Izdelali smo vzorce za ugotavljanje strižne trdnosti, modula elastičnosti in upogibne trdnosti, gostote in vlažnosti ter vzorce za ugotavljanje fungicidnih lastnosti. Vse vzorce smo izdelali po ustreznih standardih, pri čemer smo v nekaj primerih postopek prilagodili našim pogojem.

3.1.4.1 Priprava vzorcev za ugotavljanje strižne trdnosti

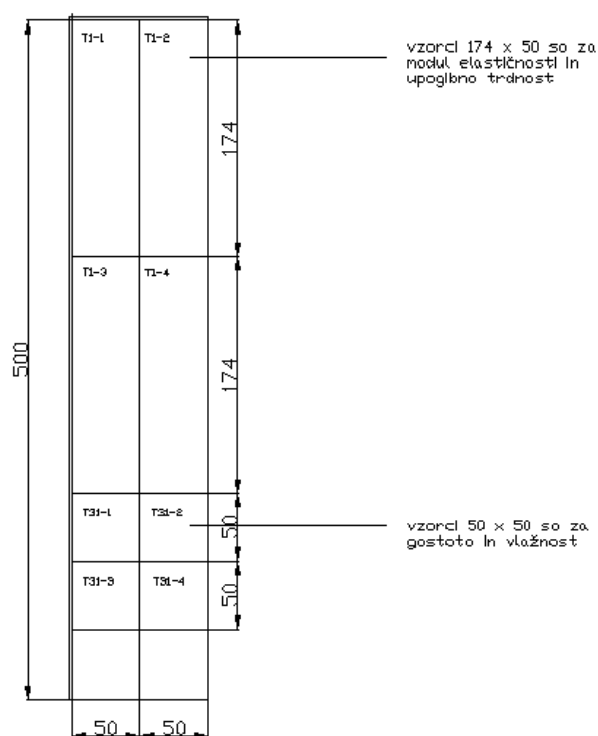
Za ugotavljanje strižne trdnosti smo uporabili standard SIST EN 314-1:2005. Za testiranje smo uporabili dve vrsti plošč. impregnirane, ki so bile označene od T1 do T20, neimpregnirane pa smo označili od N1 do N20. Torej smo uporabili 20 zaščitene in 20 nezaščitene plošč. Iz ene plošče smo dobili 16 vzorcev. Vzorec iz prve zaščitene plošče, prvi po vrsti, je imel tako oznako T1–1, zadnji iz zadnje pa T20–16. Na enak način smo označili tudi nezaščitene vzorce (Slika 14). Skupaj smo torej ugotavljali strižno trdnost za 320 impregniranih in 320 neimpregniranih vzorcev.



Slika 14: Načrt krojenja vzorcev za ugotavljanje strižne trdnosti in dimenzije vzorca

3.1.4.2 Priprava vzorcev za ugotavljanje upogibne trdnosti

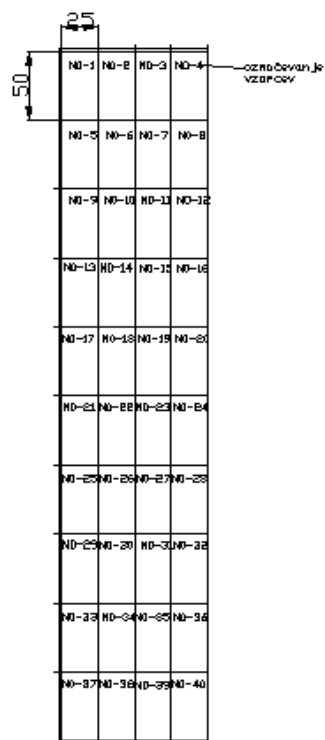
Pri krojenju plošč za upogibne vzorce smo uporabili 11 impregniranih in 11 neimpregniranih plošč. Iz vsake plošče smo dobili po štiri vzorce, označevali smo na podoben način kot pri strižnih vzorcih (Slika 15). Tako smo dobili po 44 impregniranih in 44 neimpregniranih vzorcev. Označili smo jih z oznakami od N21–1 do N31–4, na isti način smo označili neimpregnirane vzorce. Da se jim ni spremenila vlažnost, so bili vzorci v klimatski komori tako dolgo, dokler jih nismo uporabili za testiranje.



Slika 15: Načrt krojenja vzorcev za modul elastičnosti, upogibno trdnost, gostoto in vlažnost

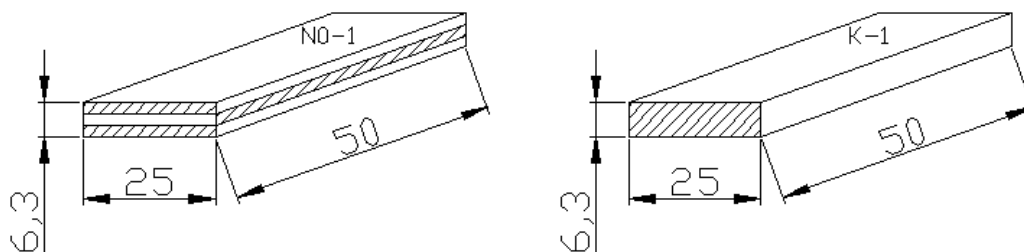
3.1.4.3 Priprava vzorcev za fungicidne meritve

Za preizkušanje fungicidnih lastnosti smo predhodno izdelali načrt krojenja ene impregnirane in ene neimpregnirane plošče. Tukaj so bili vzorci majhni, zato ni bilo potrebnih več plošč (Slika 16).



Slika 16: Krojenje plošče za vzorce pri fungicidnih meritvah

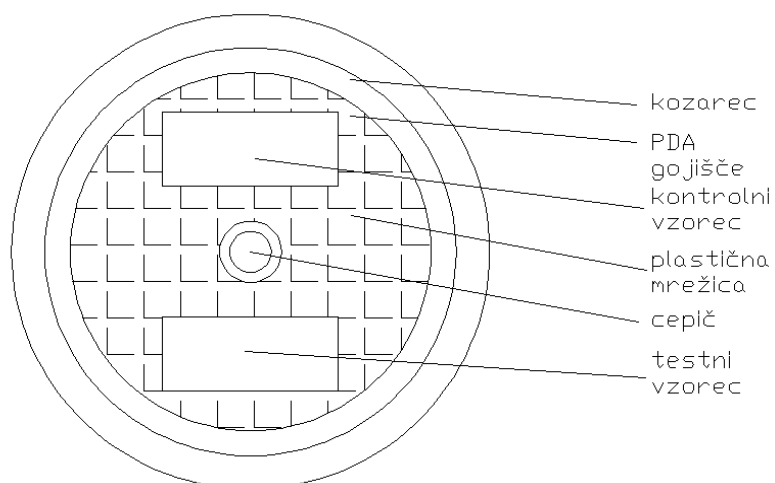
Vzorci smo pripravili po standardu SIST EN 113, vendar smo se morali standardu prilagoditi, saj naše plošče niso bile takšne debeline kot zahteva standard. Pri tem testiranju smo potrebovali tudi kontrolne vzorce iz vrste masivnega lesa, kot so bili furnirji. Zato smo naredili še kontrolne vzorce bukve z dimenzijami 50 mm × 25 mm × 6,2 mm (Slika 17). Oštevilčili smo jih z oznako K-1 pa do K-30. Za testiranja smo izbrali vzorce brez napak. Pripravili smo 15 zaščitenih, 15 nezaščitenih in 30 kontrolnih vzorcev. Vse vzorce smo najprej za 24 ur vstavili v sušilnik, kjer je bila temperatura (103 ± 3 °C), absolutno suhe pa smo še stehali na elektronski tehtnici na 0,001 natančno.



Slika 17: Nezaščiteni N0-1 in kontrolni vzorec K-1 za kontrolo meritev

3.1.4.4 Priprava hranilnega gojišča

Hranilna gojišča za testne glive smo pripravili v steklenih kozarčkih s pokrovčkom, volumna 500 ml. V pokrovček smo izvrtali luknjo in jo zaprli z vato. Kozarce in pokrovčke smo razkužili z etanolom, nato smo pripravili gojišča za glive, sestavljena iz krompirjevega ekstrakta, glukoze in agarja (PDA), ki smo ga pripravili po navodilih proizvajalca. V 2250 ml destilirane vrele vode smo zmešali 87,75 g PDA in še enkrat zavreli. Nato smo v vsak kozarec nalili 50 ml in ga zaprli z zamaškom. Kozarce z gojiščem smo 45 minut sterilizirali pri 121 °C. Še vroče kozarce smo iz avtoklava prestavili v laminarij in jih 10 min obsevali z UV svetlobo. Na ohlajeno strjeno hranilno gojišče smo položili sterilizirano plastično mrežico in jih inikulirali z izbrano kulturo micelija (Sliki 18 in 19). Za vsako vrsto gliv smo pripravili po 10 kozarcev.



Slika 18: Shematski prikaz namestitve kontrolnega in testnega vzorca po standardu SIST EN 113



Slika 19: Izhodna kultura micelija pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), bele hišne gobe (*Poria vaillantii*) in ogljikove kroglice (*Hypoxyton fragiforme*)

3.2 METODE

3.2.1 Ugotavljanje mehanskih lastnosti

Mehanske lastnosti vezanih plošč iz impregniranih in neimpregniranih furnirjev smo preizkušali z univerzalnim testnim strojem Zwick Z100 (Slika 20) na katedri za Žagarstvo in lesna tvoriva na Oddelku za lesarstvo na Biotehniški fakulteti.



Slika 20: Univerzalni testni stroj Zwick Z100

3.2.1.1 Ugotavljanje strižne trdnosti

Strižno trdnost smo preizkušali po standardu SIST EN 314, 1. in 2. del. Strižno trdnost smo dobili po enačbi (9):

$$f_v = \frac{F}{l_1 * b_1} \quad \dots 9$$

Kjer je:

f_v strižna trdnost lepilnega spoja [N/mm²]
F sila, pri kateri je prišlo do loma [N]
 b_1 širina vzorca [mm]
 l_1 razdalja med zareza [mm]

Kot določa standard, smo najprej vsem vzorcem izmerili širino in razdaljo med zareza. Merili smo na 0,01 mm natančno.

V drugem delu standarda so opisani trije. razredi oz. načini testiranja plošč:

- Razred 1:
- Razred 2:
- Razred 3:

Glede na našo potencialno uporabo plošč smo se odločili za testiranje v Razredu 3. Vzorci smo razdelili v dve skupini. Eno skupino smo namakali 24 h v vodi (20 ± 3) °C (Slika 21) in jih nato testirali.



Slika 21: Potapljanje preizkušancev v vodi

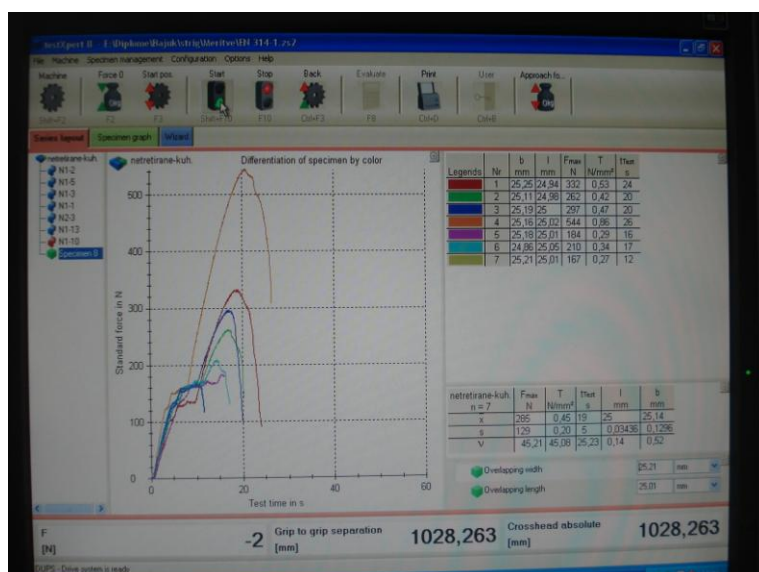
Drugo skupino vzorcev smo štiri ure kuhali v vodi s temperaturo (9 ± 3) °C. Po kuhanju je sledilo sušenje v sušilniku (103 °C) 16 do 20 ur. Po sušenju smo jih ponovno štiri ure kuhali, (slika 22), nato eno uro ohlajali v vodi (20 ± 3) °C. Nato je sledilo testiranje strižne trdnosti.



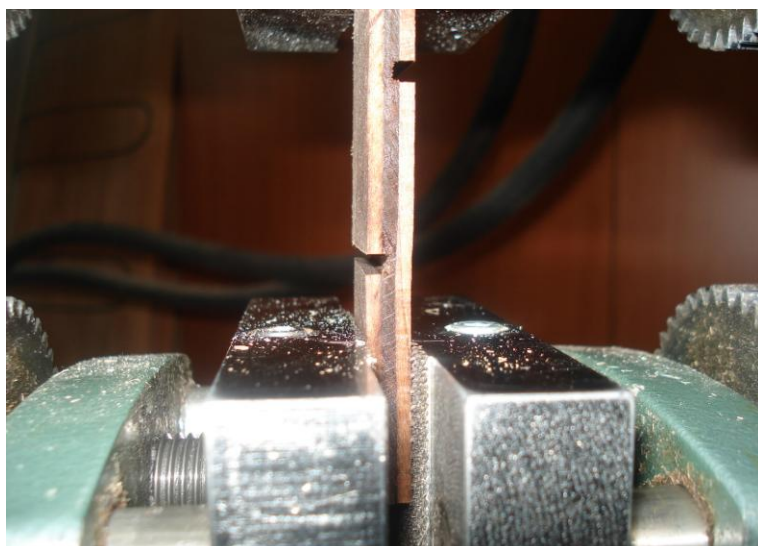
Slika 22: Priprava vzorcev za kuhanje (levo) in laboratorijski kuhar »Kambič« (desno)

Najprej smo testirali tiste vzorce, ki smo jih samo namakali, potem pa še tiste, ki smo jih »kuhali-sušili-kuhali«. Testiranje je potekalo tako, da smo pred vsakim merjenjem v program testXpert II vnesli potrebne podatke (širina vzorca in razdalja med zareza).

Vzorci smo obremenjevali s konstantnim pomikom čeljusti 0,6 mm/min in do loma je prišlo v 30–90 s. Po končani meritvi nam je program avtomatično izpisal silo, potrebno za lom, in izračunal strižno trdnost lepilnega spoja (Sliki 23 in 24).



Slika 23: Prikaz rezultatov meritev s programom testXpert II



Slika 24: Prikaz vpetja in obremenjevanja strižnega vzorca

Po merjenju strižne sile smo še vizualno ocenili, kakšen del loma na strižni površini je bil po lepilu in kakšen po lesu. Lom smo ocenjevali v odstotkih na 5 % natančno. Ocena 0 % pomeni lom v celoti po lepilu, 100 % pa v celoti po lesu (Slika 25).



Slika 25: Ocenjevanje loma pri impregniranem vzorcu

3.2.1.2 Ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti

Modul elastičnosti in upogibno trdnost smo testirali tako, da smo vzorec postavili v testirno napravo Zwick Z100 (Slika 26). Nato smo v računalniški program vnesli potrebne parametre (debelino in širino vzorca) za ugotavljanje 3-točkovnega upogiba (Slika 27).

Rezultat preizkusa je program podal kot modul elastičnosti, silo loma in upogibno trdnost. Pogoji, pri katerih smo izvajali test, so bili: $T = 20\text{ °C}$ in $\phi = 27,2\%$.



Slika 26: Ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti z univerzalnim testnim strojem Zwick Z100

Modul elastičnosti (E_m) smo izračunali po enačbi:

$$E_m = \frac{L_1^3 * (F_{40} - F_{10})}{4 * b_2 * t^3 * (a_{40} - a_{10})} \quad \dots 10$$

Kjer je:

L_1 razdalja med podpornikoma [mm]

F_{40} 40 % maksimalne sile [N]

F_{10} 10 % maksimalne sile [N]

b_2 širina vzorca [mm]

t debelina vzorca [mm]

a_{40} poves pri 40 % maksimalne sile [N]

a_{10} poves pri 10 % maksimalne sile [N]

Upogibno trdnost (f_m) smo izračunali po enačbi:

$$f_m = \frac{3 * F_{max} * L_1}{2 * b_2 * t^2} \quad \dots 11$$

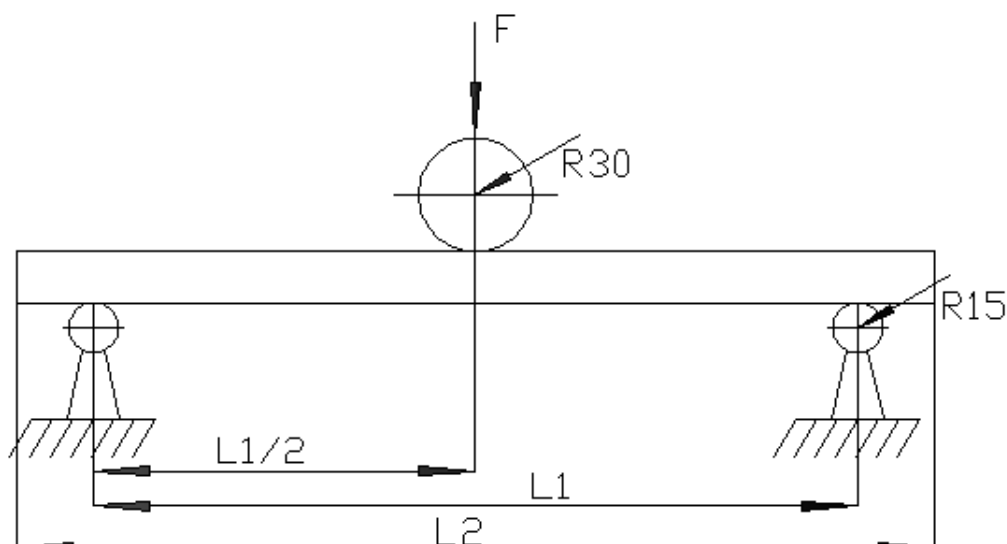
Kjer je:

F_{max} sila loma [N]

L_1 razdalja med podporama [mm]

b_2 širina vzorca [mm]

t^2 debelina vzorca [mm]



Slika 27: Shema 3-točkovnega testa za ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti (SIST EN 310)

3.2.1.3 Ugotavljanje vlažnosti in gostote

Vlažnost vezanih plošč smo določali po standardu SIST EN 322:1993. Najprej smo stehali maso vlažnega vzorca z laboratorijsko tehtnico na 0,01 g natančno. Nato smo jih 24 ur sušili v sušilni komori pri 103 ± 2 °C do konstantne mase in ponovno stehali maso v absolutno suhem stanju. Vlažnost vzorca smo izračunali po enačbi:

$$u = \frac{m_{vl} - m_u}{m_u} * 100 \quad \dots 12$$

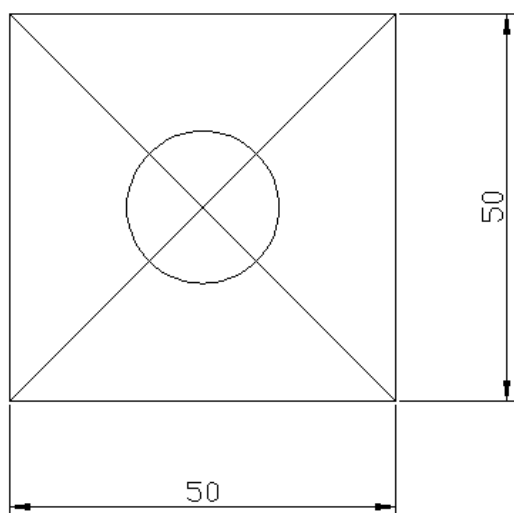
Kjer je:

u vlažnost [%]

m_{vl} masa vlažnega vzorca [g]

m_u masa absolutno suhega vzorca [g]

Gostoto vezanih plošč smo ugotavljali po standardu SIST EN 323:1993. Za ugotavljanje gostote smo uporabili iste vzorce kot za merjenje vlažnosti, zato smo samo še s kljunastim merilom izmerili širino in dolžino vzorca, na 0,01 mm natančno. Debelino smo z mikrometrom izmerili na središču diagonal vzorca na 0,01 mm natančno (Slika 28).



Slika 28: Merjenje dimenzij vzorcev za ugotavljanje gostote

Gostoto vzorca smo izračunali po enačbi:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad V = b_1 * b_2 * t \quad \dots 13$$

Kjer je:

ρ gostota vzorca [g/mm³]

m masa vzorca [g]

V prostornina vzorca [mm³]

b_1 širina vzorca [mm]

b_2 dolžina vzorca [mm]

t debelina vzorca [mm]

3.2.2 Ugotavljanje fungicidnih lastnosti

3.2.2.1 Določanje navzema

Navzem je količina zaščitnega sredstva, ki ga les vpije pri postopku impregnacije. Določimo lahko mokri in suhi navzem. Mokri predstavlja celotno količino vpojnega zaščitnega pripravka in ga izračunamo po enačbi 14. Suhi navzem predstavlja ostanek zaščitnega sredstva (biocidov) v lesu, ko je topilo že izhlapelo.

$$r^{(v)} = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots 14$$

Kjer je:

$r^{(v)}$ mokri navzem zaščitnega sredstva na prostornino lesa

m_1 masa pred impregniranjem [kg]

m_2 masa po impregniranju [kg]

V volumen vzorca [m³]

3.2.2.2 Izpostavitve vzorcev delovanju gliv

Najprej smo suhe impregnirane in neimpregnirane ter kontrolne (masivne) vzorce 45 min sterilizirali v avtoklavu ($T = 121^\circ\text{C}$). Po 24 urah smo jih v laminariju vstavili v kozarce z micelijem, preraslim hranilnim gojiščem. Polagali smo jih na plastično mrežico, ki je preprečevala neposreden stik vzorca z gojiščem. V kozarce smo dali po dva vzorca, in sicer neimpregniranega ali impregniranega ter kontrolnega (Slike 29, 30 in 31). Testne vzorce smo postavili v rastno komoro z optimalnimi ravnimi pogoji 25°C in 75 % zračne vlage. Po 16 tednih izpostavitve glive smo vzorce vzeli iz kozarcev, jih očistili, stehtali na analitski tehtnici (Slika 32) in nato posušili na absolutno suho stanje. Iz razlike mase pred in po izpostavitvi glivi, smo gravimetrično izračunali izgubo mase vzorcev.



Slika 29: Neimpregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi glivi *Trametes versicolor*



Slika 30: Neimpregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi z glivo *Poria vaillantii*



Slika 31: Impregniran in kontrolni vzorec en teden po izpostavitvi glivi *Hypoxyton fragiferae*



Slika 32: Tehtanje vzorca z analitsko tehniko



Slika 33: Očiščeni in posušeni vzorci po tehtanju

3.2.2.3 Ugotavljanje izgube mase vzorcev

Pred izpostavitvijo vzorcev glivam smo jih posušili na absolutno suhe in stehtali. Po izpostavitvi glivam smo vzorce vizualno ocenili, jih očistili ter ponovno posušili v sušilniku na absolutno suhe in jih stehtali (Slika 33). Izgubo mase smo izračunali po enačbi 15, kot to predvideva standard SIST EN 113:1989:

$$m_{izg} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100 [\%]$$

... 15

Kjer je:

m_{izg} izguba mase vzorcev [%]

m_1 masa absolutno suhih vzorcev pred okužbo [g]

m_2 masa absolutno suhih vzorcev po okužbi [g]

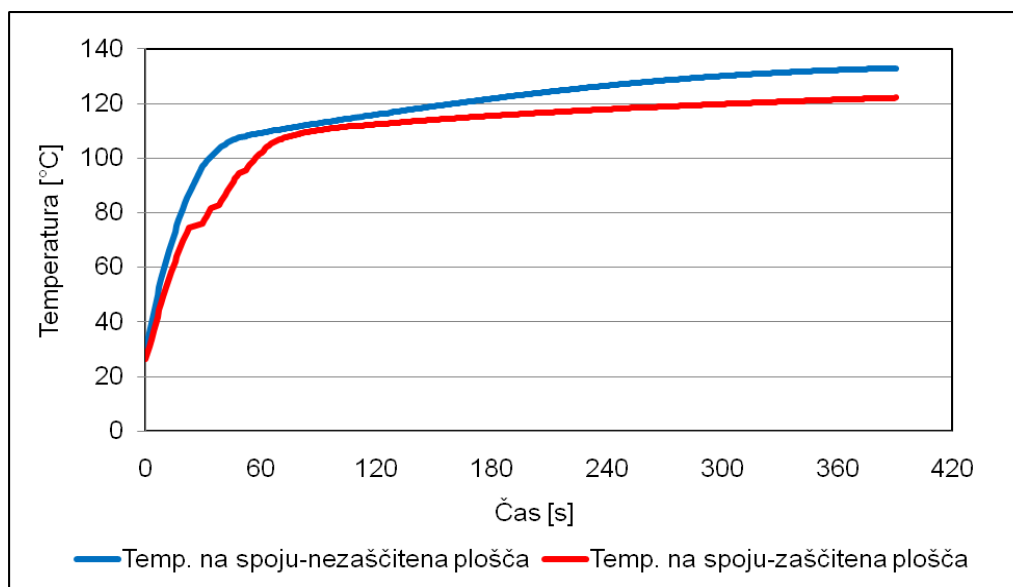
Impregniranim in neimpregniranim vzorcem smo določali odpornost na glive razkrojevalke v skladu z standardom SIST EN 113. Izguba mase je merilo učinkovitosti zaščitnega sredstva. Vitalnost glive smo spremljali s kontrolnimi vzorci, ki so bili narejeni iz masivnega lesa bukve. Posamezna gliva je učinkovita, če je izguba mase kontrolnih vzorcev višja od 20 %.

4 REZULTATI

4.1 MEHANSKE IN FIZIKALNE LASTNOSTI

4.1.1 Temperatura v lepilnem spoju

Temperaturo v lepilnem spoju smo pri stiskanju merili pri prvih štirih ploščah (pri dveh zaščiteneh in dveh nezaščiteneh). Proizvajalec lepila predlaga, da se lepilo utrjuje pri temperaturi 125 do 135 °C. Pri našem lepjenju se je temperatura ustavila okrog zgornje priporočene meje (Slika 34).



Slika 34: Tipičen porast temperature v lepilnem spoju v odvisnosti od časa in temperature stiskanja

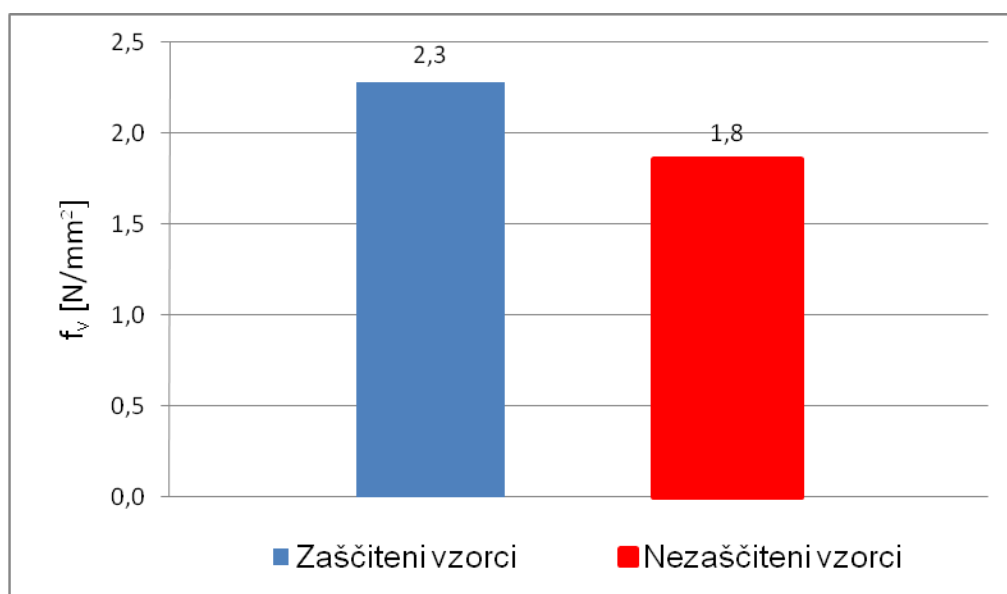
4.1.2 Strižna trdnost

Med zaščitnimi vzorci v postopku 24-urnega namakanja je bila največja dosežena strižna trdnost 3,45 N/mm², srednja vrednost je bila 2,3 N/mm², najmanjša pa 0 N/mm², zato ker je vzorec razpadel pri kuhanju. Pri nezaščiteneh je bila največja strižna trdnost 6,7 N/mm², srednja vrednost je bila 1,85 N/mm², najmanjša pa zopet 0 N/mm², ker je vzorec prav tako razpadel pri kuhanju.

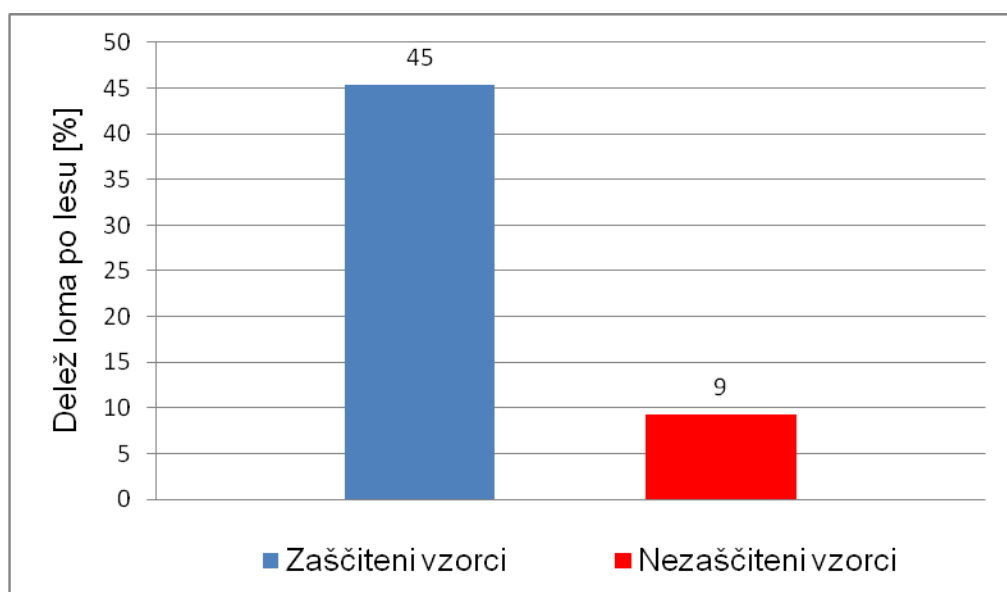
Če pogledamo rezultate loma po lesu, smo dobili pri zaščiteneh vzorcih največjo vrednost 100 %, srednja vrednost je bila 45 %, najmanjša pa 0 %, ker je lepilni spoj popustil med kuhanjem. Pri nezaščiteneh je bila največja vrednost 65 %, srednja vrednost 9 %, najmanjša pa zopet 0 %. Vrednost 100 % pomeni, da je lepilni spoj popustil v celoti po lesu, 0 % pa, da je popustil po lepilu, kar pomeni, da je pri izvajanju preizkusa lepilo popustilo (Preglednica 2, Slika 35 in 36).

Preglednica 2: Strižna trdnost in delež loma po lesu. Način priprave 24-urno namakanje

	NEZAŠČITENI		ZAŠČITENI	
	f_v	lom po lesu	f_v	lom po lesu
Statistični parameter	[N/mm ²]	[%]	[N/mm ²]	[%]
Minimum	0	0	0	0
Maksimum	6,7	65	3,45	100
Srednja vrednost	1,85	9	2,28	45
Standardni odklon	0,72	11	0,56	42



Slika 35: Srednja vrednost strižne trdnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev (24-urno namakanje)



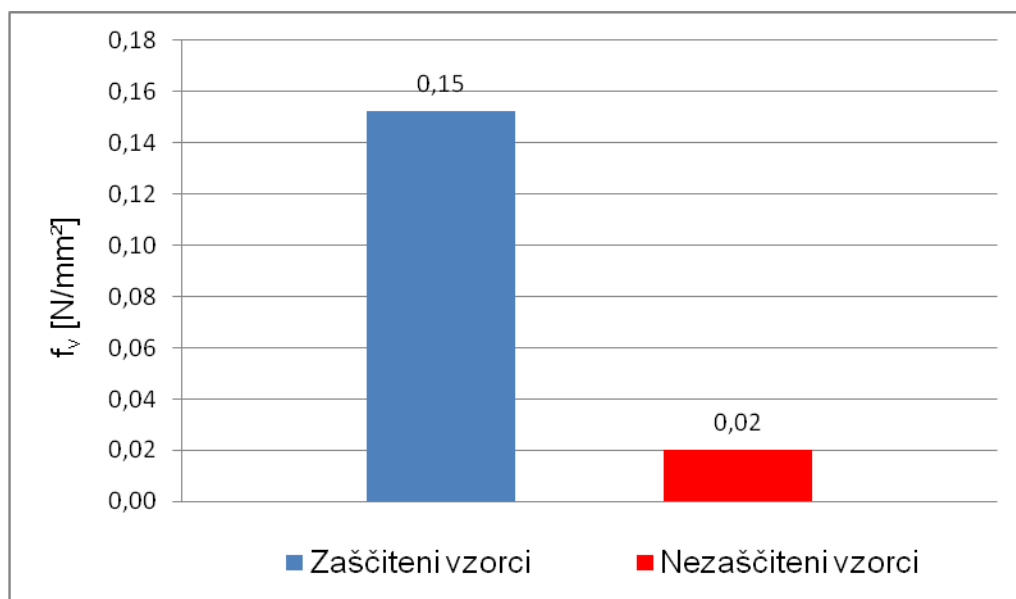
Slika 36: Srednja vrednost loma po lesu pri zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcih (24-urno namakanje)

Pri načinu priprave vzorcev »kuhanje-sušenje-kuhanje« smo dobili zelo slabe, nizke vrednosti za strižno trdnost lepilnega spoja, ker je večina vzorcev razpadla že pri prvem ali drugem kuhanju. Za preizkušanje trdnosti je od 160 nezaščitene ostalo 7 nezaščitene vzorcev, od 160 zaščitene pa 40 vzorcev.

Pri zaščitene je bila največja strižna trdnost 1,15 N/mm², srednja vrednost 0,15 N/mm², najmanjša pa 0 N/mm², ker je lepilni spoj popustil med kuhanjem. Pri nezaščitene je bila največja strižna trdnost 0,86 N/mm², srednja vrednost je bila 0,02 N/mm², najmanjša pa prav tako 0 N/mm². Lom po lesu je bil skoraj pri vseh vzorcih 0% (Preglednica 3, Slika 37).

Preglednica 3: Strižna trdnost in delež loma po lesu. Način priprave (kuhanje-sušenje-kuhanje)

	NEZAŠČITENI		ZAŠČITENI	
	f_v	lom po lesu	f_v	lom po lesu
Statistični parameter	[N/mm ²]	[%]	[N/mm ²]	[%]
Minimum	0	0	0	0
Maksimum	0,86	5	1,15	5
Srednja vrednost	0,02	0	0,15	1
Standardni odklon	0,10	1	0,29	2



Slika 37: Srednja vrednost strižne trdnosti zaščitene in nezaščitene vzorcev (kuhanje-sušenje-kuhanje)

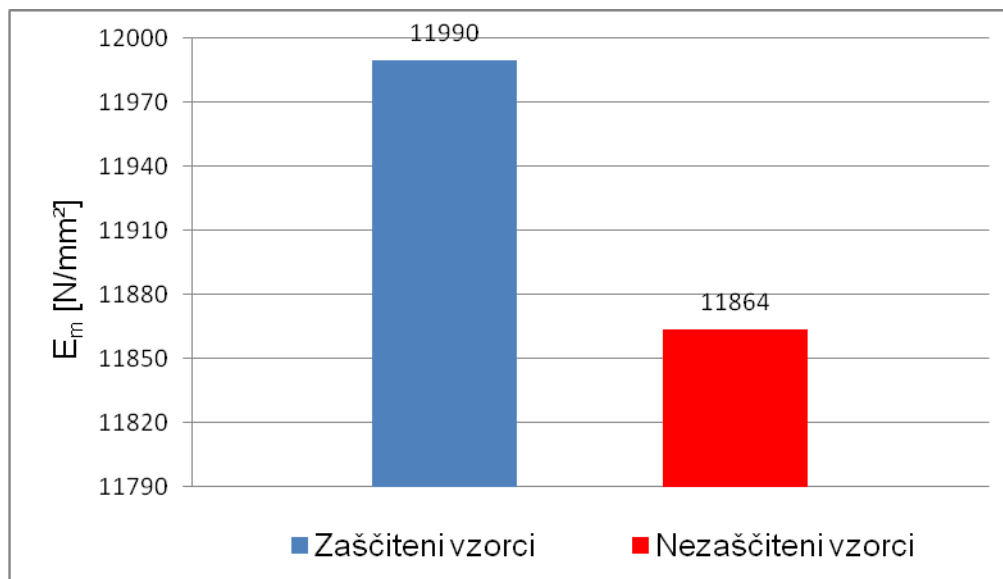
4.1.3 Modul elastičnosti in upogibna trdnost

Pri ugotavljanju modula elastičnosti je bila pri zaščiteneh vzorcih največja vrednost 15300 N/mm², srednja vrednost je bila 11990 N/mm², najmanjša pa 9450 N/mm². Pri nezaščiteneh pa je bila največja vrednost 14400 N/mm², srednja 11860 N/mm², najmanjša pa 8710 N/mm². Modul elastičnosti je bil nekoliko večji pri zaščiteneh kot pri nezaščiteneh vzorcih.

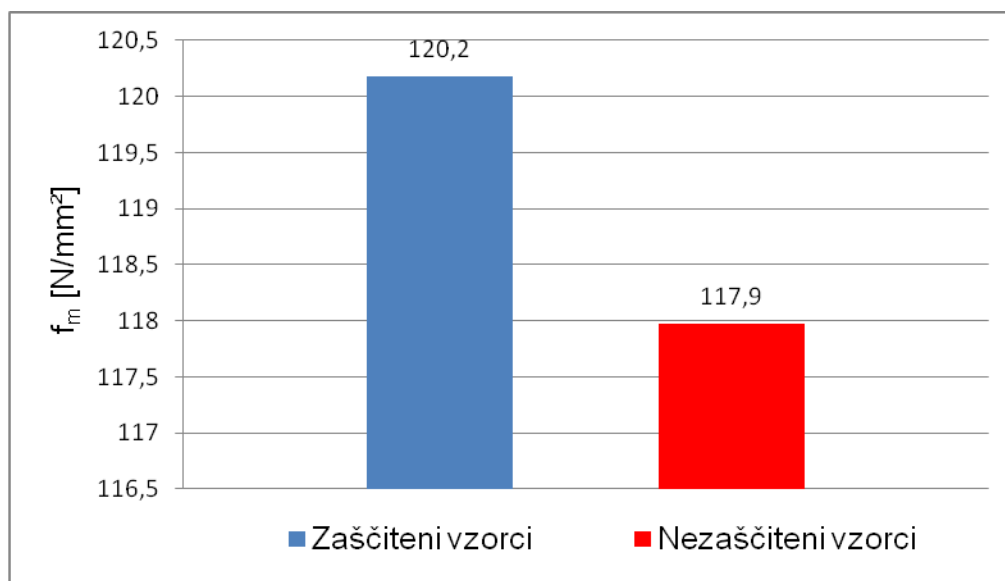
Pri ugotavljanju upogibne trdnosti je imel zaščitene vzorec največjo vrednost 149 N/mm², srednja vrednost je bila 120 N/mm², najmanjša pa 105 N/mm². Pri nezaščiteneh je bila dosežena največja vrednost 133 N/mm², srednja vrednost je bila 118 N/mm², najmanjša pa 95 N/mm² (Preglednica 4, Slika 38 in 39).

Preglednica 4: Modul elastičnosti in upogibna trdnost netretiranih in tretiranih preizkušencev

	NEZAŠČITENI		ZAŠČITENI	
	E_m	f_m	E_m	f_m
Statistični parameter	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Minimum	8710	95	9450	105
Maksimum	14400	133	15300	149
Srednja vrednost	11864	118	11989	120
Standardni odklon	1257	9	1390	10



Slika 38: Srednja vrednost modula elastičnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev



Slika 39: Srednja vrednost upogibne trdnosti zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev

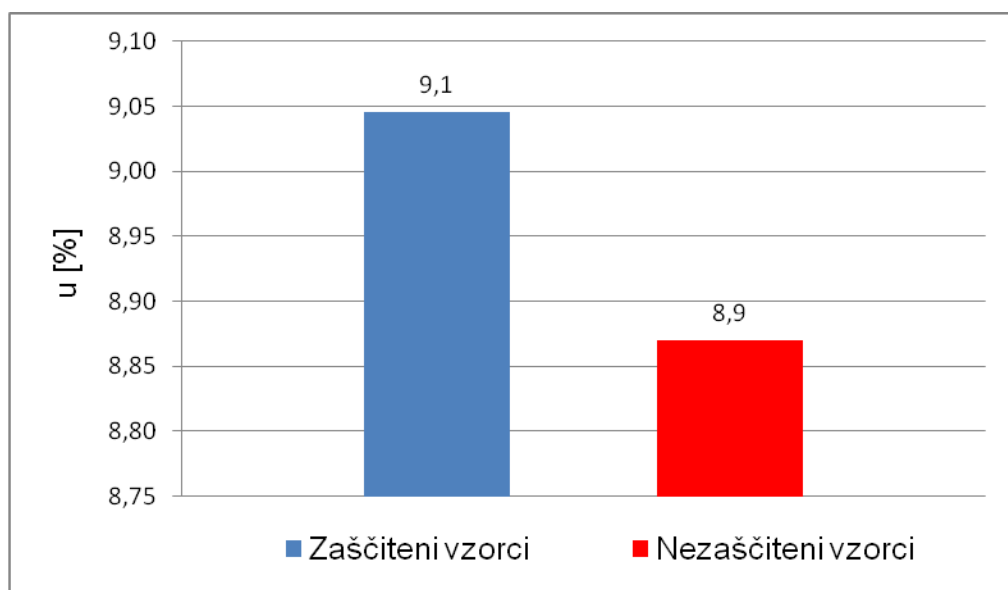
4.1.4 Vlažnost in gostota

Najvišja vlažnost pri zaščiteneh vzorcih je bila 9,5 %, srednja vrednost je bila 9 %, najnižja pa 8,1 %. Pri nezaščiteneh vzorcih je bila najvišja vlažnost 9,2 %, srednja vrednost je bila 8,9 %, najnižja pa 7,9 %.

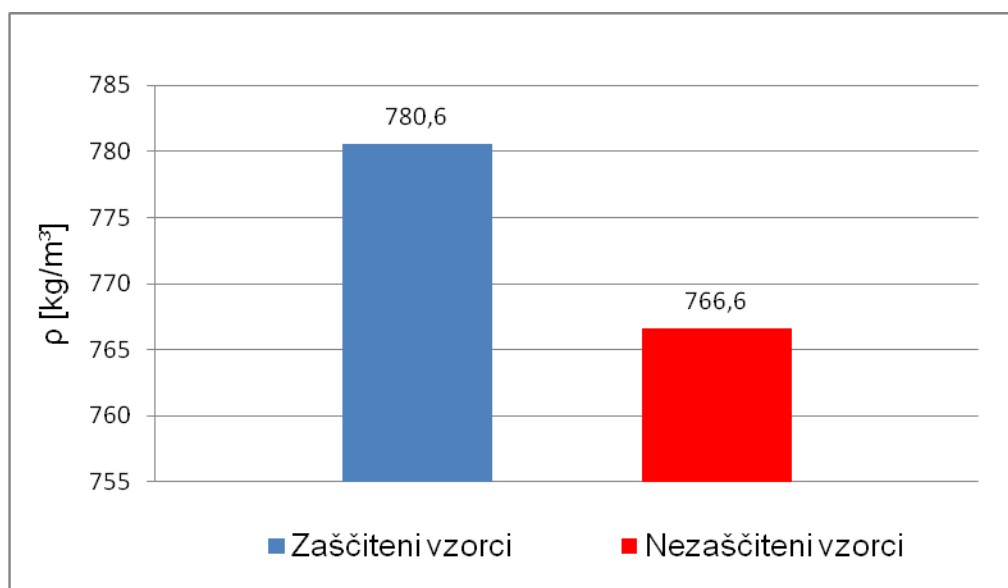
Pri zaščiteneh vzorcih je največja gostota znašala 841,4 kg/m³, srednja vrednost je bila 780,6 kg/m³, najmanjša pa 712,2 kg/m³. Pri nezaščiteneh vzorcih je bila največja gostota 832,2 kg/m³, srednja vrednost je bila 766,6 kg/m³, najmanjša pa 720,3 kg/m³ (Preglednica 5, Slika 40 in 41).

Preglednica 5: Vlažnost in gostota zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev

	NEZAŠČITENI		ZAŠČITENI	
	u	ρ	u	ρ
Statistični parameter	[%]	[kg/m³]	[%]	[kg/m³]
Minimum	7,85	720,29	8,07	712,19
Maksimum	9,16	832,23	9,49	841,37
Srednja vrednost	8,87	766,59	9,05	780,56
Standardni odklon	0,28	28,53	0,36	29,38



Slika 40: Povprečna vlažnost zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev



Slika 41: Povprečne vrednosti gostote zaščiteneh in nezaščiteneh vzorcev

4.2 FUNGICIDNE LASTNOSTI

4.2.1 Mokri navzem zaščitnega pripravka v furnir

Mokri navzem zaščitnega sredstva je pomemben podatek, saj nam pove, koliko sredstva je prodrlo v les. Odvisen je od postopka impregnacije, vrste lesa in lastnosti zaščitnega sredstva. Mokri navzem smo določali za vsak vzorec posebej, v rezultatih pa je izračunan povprečni navzem na kg/dm².

Navzem zaščitnega sredstva je bil pri prečnih furnirjih 0,016 kg/dm², pri vzdolžnih pa 0,015 kg/dm². Pričakovali smo večji navzem pri prečnih furnirjih. V obeh primerih je bila količina zaščitnega sredstva, s katero smo impregnirali furnirje, primerna (Preglednica 6).

Preglednica 6: Mokri navzem furnirjev

	m_1 [g]	m_2 [g]	$r^{(v)}$ [kg/dm ²]
Prečni furnirji	94,6	195,6	0,016
Vzdolžni furnirji	99,4	198	0,015

$r^{(v)}$

..... mokri navzem

m_1 povprečna masa neimpregniranih furnirjev

m_2 povprečna masa impregniranih furnirjev

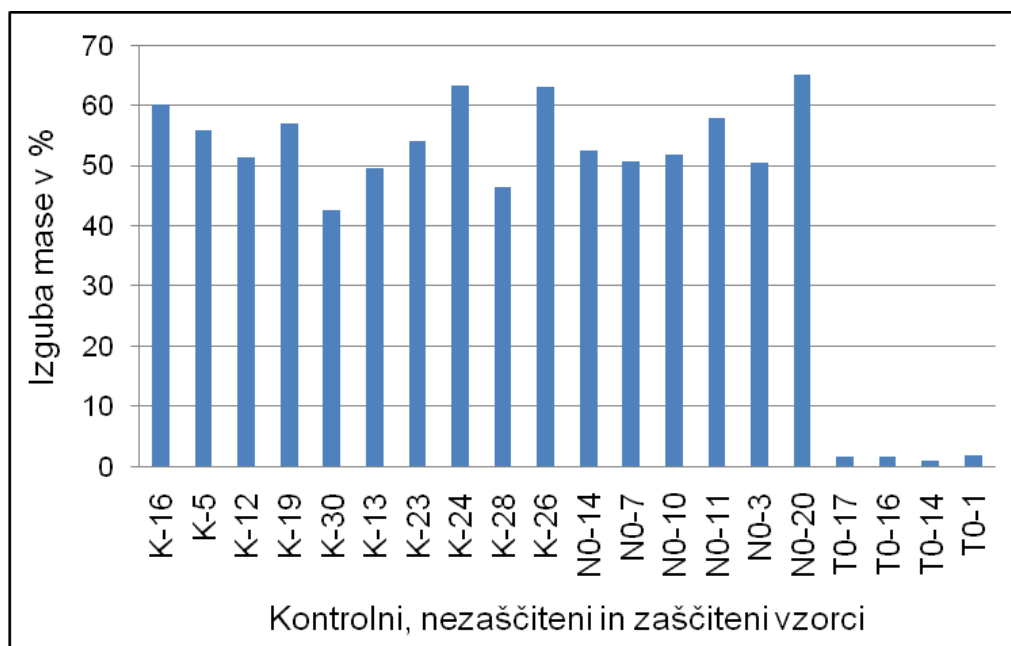
4.2.2 Izguba mase vzorcev po izpostavitvi glivam

16 tednov po izpostavitvi trem različnim vrstam gliv smo vzorcem izračunali izgubo mase. Kot smo pričakovali, so glive najbolj razkrajale kontrolne vzorce, pri dveh glivah tudi nezaščitene, najmanj pa so razkrajale vzorce, ki smo jih zaščitili. Vitalnost gliv smo spremljali s kontrolnimi masivnimi neimpregniranimi vzorci, ki smo jih izpostavili skupaj z impregniranimi in neimpregniranimi vzorci.

Zaščiteni vzorci, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevkki so bili najbolj odporni proti razkrajanju, saj so v povprečju izgubili le 1,6 % mase, nezaščiteni so izgubili 54,7 % mase, kontrolni pa 54,3 %. Tukaj je bila gliva učinkovita saj so kontrolni izgubili več kot 20 % mase (Preglednica 7, Slika 42).

Preglednica 7: Povprečna izguba mase vzorcev

	Povprečna izguba mase [%]		
Gliva	Zaščiteni	Nezaščiteni	Kontrolni
<i>Trametes versicolor</i>	1,6	54,7	54,3
<i>Poria vaillantii</i>	1,8	0,9	11,7
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	2,8	64,3	80



Slika 42: Izgube mase vzorcev izpostavljenih pisani ploskocevki

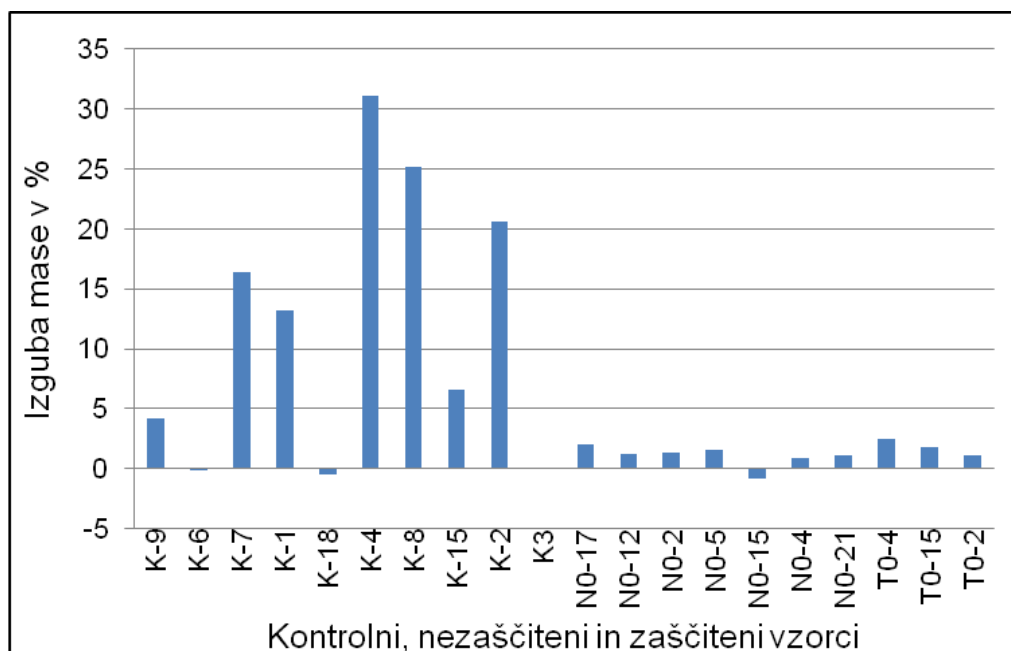
Kjer je:

K kontrolni vzorec (dodana je št. vzorca)

N0 ... nezaščiten vzorec (dodana je št. vzorca)

T0 ... zaščiten vzorec (dodana je št. vzorca)

Pri beli hišni gobi so bili rezultati zaščitenih vzorcev odlični, saj je zaščiten vzorec izgubil le 1,8 % mase. Nezaščiten vzorec pa je izgubil precej manj mase kot pri razkroju ostalih gliv, in sicer 0,9 % mase. Kontrolni je izgubil 11,7 % mase. Tu gliva ni bila učinkovita, saj kontrolni vzorci niso izgubili več kot 20 % mase (Preglednica 7, Slika 43).



Slika 43: Izgube mase vzorcev izpostavljenih beli hišni gobi

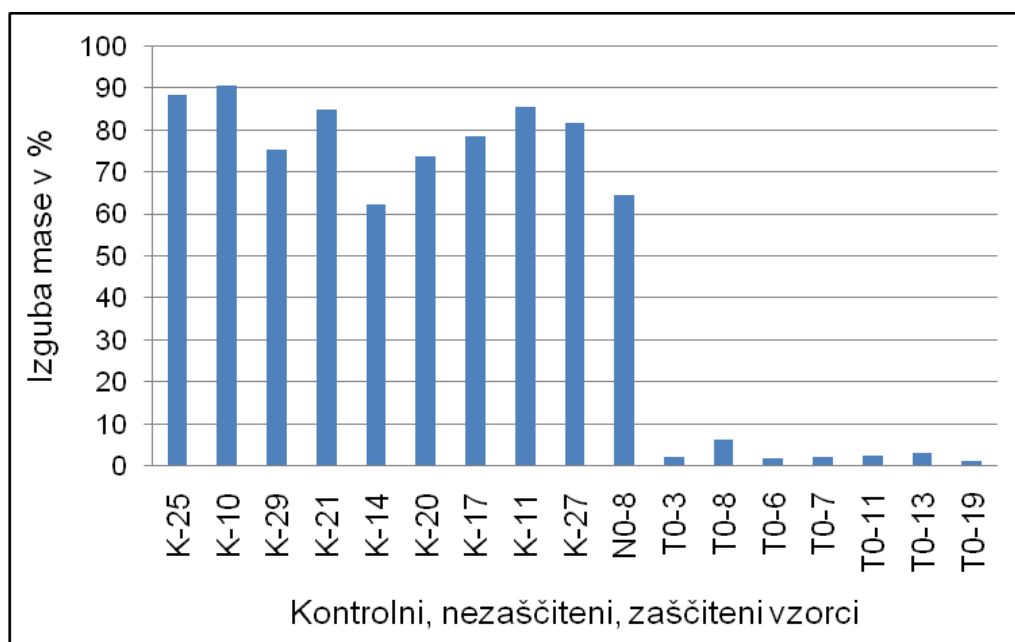
Kjer je:

K kontrolni vzorec (dodana je št. vzorca)

N0 nezaščiten vzorec (dodana je št. vzorca)

T0 zaščiten (dodana je št. vzorca)

Pri izpostavitvi zaščitenih vzorcev ogljeni kroglici so vzorci izgubili 2,8 % mase, to je sicer največ med vsemi glivami, nezaščiteni so izgubili 64,3 % mase, kontrolni pa kar 80 % mase, kar pojasnjuje, da je bila gliva tukaj učinkovita (Preglednica 7, Slika 44).



Slika 44: Izgube mase vzorcev izpostavljenih ogljeni kroglici

Kjer je:

K kontrolni vzorec (dodana je št. vzorca)

N0 nezaščiten vzorec (dodana je št. vzorca)

T0 zaščiten vzorec (dodana je št. vzorca)

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Mehanske lastnosti vezanih plošč so najbolj pomembna lastnost, ki vpliva na njihovo uporabnost za izdelke. Na mehanske lastnosti masivnega lesa ne moremo bistveno vplivati in so odvisne od gostote, anatomije lesa, kemijske zgradbe, od usmerjenosti lesnih vlaken... Lahko pa jih izboljšamo z lepljenjem v plošče oz. lesne kompozite, to smo v nekaterih primerih naše raziskave tudi dokazali. V splošnem velja, da imajo gostejše vrste lesa boljše mehanske lastnosti kot redkejšje.

5.1.1 Mehanske lastnosti

S strižnim testom smo ugotavljali, kolikšno silo še prenese lepilni spoj oz., do kakšnega loma je prišlo pri porušitvi. Na podlagi maksimalne sile in površine lepilnega spoja je računalnik izračunal strižno silo. Delež loma po lesu smo ocenili vizualno.

Ugotovili smo, da imajo z vidika strižne trdnosti 24-urno namakanje zaščiteni vzorci v povprečju boljše rezultate kot nezaščiteni. Pri tem preizkusu vzorci večinoma niso razpadli, torej smo dobili 154 od 160 nezaščitene in 157 od 160 zaščitene vzorcev. Srednja vrednost nezaščitene vzorcev je bila 1,8 N/mm², zaščitene pa 2,3 N/mm². Čeprav je največjo strižno trdnost dosegel nezaščiten vzorec, ki je od ostalih zelo izstopal, so bili v statističnih kazalnikih boljši zaščiteni vzorci. Ocenjevanje loma po lesu je bilo tudi pričakovano, zaščiteni vzorci so imeli srednjo vrednost 45 %, nezaščiteni pa 9 % loma po lesu. Iz rezultatov pri tem načinu testiranja in ocenjevanja lahko sklepamo, da je lepilni spoj pri zaščitene vzorcih boljši kot pri nezaščiteneh. Rezultati so takšni kot smo predvideli v hipotezi.

Pri načinu testiranja »kuhanje-sušenje-kuhanje« smo dobili zelo nizke vrednosti strižne trdnosti, ker je večina vzorcev razpadla že pri prvem ali drugem kuhanju. Za preizkušanje jih je ostalo 7 od 160 nezaščitene in 40 od 160 zaščitene. Tu ne moremo reči, da so številke sprejemljive, vendar smo jih vseeno testirali. Med nezaščitene vzorci, ki so bili testirani, je bila srednja vrednost strižne trdnosti 0,02 N/mm², med zaščitene pa 0,15 N/mm². Glede na razliko med rezultati lahko rečemo, da so imeli zaščiteni vzorci nekoliko boljše rezultate kot nezaščiteni.

Pri ugotavljanju modula elastičnosti ni bilo nobenih posebnosti. Srednja vrednost nezaščitene vzorcev je bila 11860 N/mm², zaščitene pa 11990 N/mm². Glede na dobljene rezultate lahko rečemo, da so zadovoljivi in v nobenem primeru ne odstopajo. Pri upogibni trdnosti so bili rezultati podobni kot pri modulu elastičnosti, in sicer je bila pri nezaščitene vzorcih vrednost 118 N/mm², pri zaščitene pa 120 N/mm². Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da impregniranje furnirjev ni poslabšalo ali negativno vplivalo na modul elastičnosti in upogibno trdnost zlepljenih vezanih plošč.

5.1.2 Fizikalne lastnosti

Z ocenjevanjem vlažnosti in gostote smo poskušali ugotoviti, kakšna je razlika med zaščitene in nezaščitene vzorci.

Zaščiteni vzorci so imeli nekoliko višjo vlažnost kot nezaščiteni. Srednja vrednost vlažnosti nezaščiteneh je bila 8,9 %, pri zaščiteneh pa 9 %. Gostota je bila prav tako večja pri zaščiteneh vzorcih. Nezaščiteni so imeli gostoto 766 kg/m³, zaščiteni pa 780 kg/m³. Glede vlažnosti in gostote lahko rečemo, da ni bilo nobenih odstopanj in da so bili rezultati takšni, kot smo jih pričakovali. To, da imajo zaščiteni vzorci večjo gostoto, je samo pozitivno, saj imajo takšni boljše mehanske lastnosti.

Ščernjavič (2008) je v svoji diplomski nalogi imel podobne raziskave, kot so bile naše. Pri modulu elastičnosti je dobil pri masivnem vzorcu rezultat 11665,9 N/mm², lepljenec ki je bil lepljen z vročim lepljenjem, je imel vrednost 13102,2 N/mm² in s hladnim lepljenjem 12157,9 N/mm². Če primerjamo te rezultate z našimi vzorci, opazimo, da je razlika le v vročem lepljenju, kar je verjetno posledica uporabe drugačnega lepila.

Upogibna trdnost je bila pri masivnih vzorcih 93,3 N/mm², pri lepljencu, ki je bil lepljen z vročim lepljenjem, je bila vrednost 110,3 N/mm², pri hladnem pa 96,2 N/mm². Pri upogibni trdnosti so naši vzorci imeli boljše rezultate, tako impregnirani in neimpregnirani, kar dokazuje, da lahko z lepljenjem izboljšamo nekatere lastnosti.

Vlažnost vzorcev v Ščernjavičevi (2008) raziskavi je bila nekoliko višja (masivni vzorci 12,1 %, lepljenec pri vročem lepljenju 11,2 %, pri hladnem pa 11,7 %). Gostota masivnih vzorcev je bila 642,65 kg/m³, vzorcev pri vročem lepljenju 718,2 kg/m³ in pri hladnem lepljenju 690,55 kg/m³. Pri naših vzorcih je bilo podobno, saj so vzorci z višjo vlažnostjo imeli večjo gostoto.

5.1.3 Fungicidne lastnosti

Rezultati mokrega navzema pri vzdolžih furnirjih je bil povprečno 0,015 kg/dm², pri prečnih pa nekoliko večji, 0,016 kg/dm². Razlog za boljši navzem se skriva v prerezu furnirjev, saj v prečne furnirje zaščitno sredstvo bolje impregnira kot v vzdolžne.

Za pisano ploskocevko, ki je povzročiteljica bele trohnobe in je tipična razkrojevalka listavcev, smo pričakovali, da bo najbolj razgradila vzorce, vendar ni bilo tako. Micelij se je večinoma razrasel po vzorcih, tako da je vzorec popolnoma prekril, ni pa se razrasel po kozarcu, tako da smo lahko opazovali razraščanje glive (Slika 45). Zaščiten je izgubil 1,6 % mase, nezaščiten in kontrolni pa okrog 55 % mase.

Ogljena kroglica, ki prav tako spada med povzročiteljice bele trohnobe, je bolje razkrajala vzorce, saj smo tukaj opazili največjo izgubo mase. Iz vizualnega spremljanja je micelij najbolj prerasčal vzorce, tako je ogljena kroglica prerasla celotno površino okoli vzorca in kozarca, zato nismo mogli opazovati, kako je prerasla določen vzorec (slika 45). Na koncu se je izkazalo, da je ta gliva najbolj razkrojila vzorce. Zaščiten vzorec je dobro zaščitil, saj je izgubil 2,8 % svoje mase, nezaščiten 64,3 %, kontrolni pa celo 80 % mase. Pri tej gobi so bili nezaščiteni in kontrolni vzorci zelo krhki, saj so izgubili veliko mase, zato smo še posebno pazili, da nam niso v celoti razpadli (Slika 2).

Med predstavniki rjave trohnobe smo imeli belo hišno gobo, na katero je zaščitno sredstvo dobro delovalo. Zaščiten vzorec je izgubil 1,8 % mase, nezaščiten okrog 1 % mase, kontrolni pa 12 % svoje mase, torej tukaj gliva ni bila učinkovita. To smo opazili že z

vizualnim opazovanjem, saj se je ta gliva na vseh vzorcih najmanj razraščala (Slika 45). To, da je bela hišna goba najmanj razkrojevala smo pričakovali, saj pogosteje razkroja iglavce kot listavce (bukev).



Slika 45: Primerjava vitalnost gliv na vzorcih po 13 tednih. Levo: bela hišna goba; na sredini: pisana ploskoceвка, desno ogljena kroglica

Za belo hišno gobo je značilna toleranca na bakrove pripravke. Toleranca na bakrove spojine je povezana z izločanjem oksalne kisline, ki z bakrovimi učinkovinami tvori v vodi netopne in zato biološko neaktivne komplekse bakrovega oksalata. Omenjena lastnost se s pridom uporablja za mikroremediacijo odsluženega zaščenega lesa (Humar, 2008b).

Večina sestavin zaščitnega pripravka CuEQB (etanolamin, bakrove, borove in kvartarne amonijeve spojine) zavirajo delovanje gliv tako na hranilnem gojišču kot na impregniranem lesu. Celo etanolamin, ki je potreben za vezavo bakrovih učinkovin v les, do določene mere zavira delovanje uporabljenih lesnih gliv. Edino oktanojska kislina ne zavira rasti gliv, ampak jih v določenih primerih celo pospešuje. Na srečo se lastnost ne izrazi v slabši učinkovitosti pripravka CuEQB. Minimalna inhibitorna koncentracija zaščitnega sredstva je bila enaka minimalni inhibitorni koncentraciji najbolj fungitoksične sestavine tega pripravka. Tako lahko potrdimo, da med posameznimi sestavinami ne prihaja niti do sinergističnih niti do antagonističnih učinkov proti lesnim glivam (Humar in Lesar 2009).

5.2 SKLEPI

Na podlagi opravljene raziskave vpliva impregnacije furnirjev z zaščitnim sredstvom Silvanolin na lastnosti vezanih plošč smo prišli do naslednjih sklepov:

- Mokri navzem pri prečnih in vzdolžnih furnirjih je bil dober, saj je Silvanolin dobro penetriral vanj, pri prečnih furnirjih je bil mokri navzem $0,016 \text{ kg/dm}^2$, pri vzdolžnih furnirjih pa $0,015 \text{ kg/dm}^2$.
- Strižna trdnost je bila po 24 urah namakanja pri nezaščitnih vzorcih $1,85 \text{ N/mm}^2$, srednja vrednost loma po lesu pa 9 %. Pri zaščitnih vzorcih je bila srednja vrednost $2,3 \text{ N/mm}^2$, lom po lesu pa 45 %. Pri načinu priprave »kuhanje-sušenje-kuhanje« je bila srednja vrednost strižne trdnosti nezaščitnih vzorcev $0,02 \text{ N/mm}^2$, srednja vrednost loma po lesu je bila 0 %, pri zaščitnih je bila srednja vrednost strižne trdnosti $0,15 \text{ N/mm}^2$, lom po lesu pa je bil 1 %. Glede na te rezultate smo ugotovili, da strižna trdnost lepilnega spoja v vezani plošči, lepljeni z lepilom Meldur H97, ne ustreza uporabi v Razredu 3 po standardu SIST EN 314-2: 1996, kot smo predpostavili v hipotezi. Glede na rezultate pri načinu priprave 24-urnega namakanja bi lahko furnirne plošče uporabili v razredu 1, saj rezultati strižne trdnosti lepilnega spoja in lom po lesu zadostijo tem zahtevam.
- Pri modulu elastičnosti in upogibni trdnosti so bile razlike med nezaščitnimi in zaščitnimi vzorci majhne. Srednja vrednost modula elastičnosti je bila pri nezaščitnih vzorcih 11860 N/mm^2 , srednja vrednost upogibne trdnosti pa je bila 118 N/mm^2 . Pri zaščitnih vzorcih je bila srednja vrednost modula elastičnosti 11990 N/mm^2 , upogibna trdnost pa 120 N/mm^2 . Ugotovili smo, da impregnacija furnirja z zaščitnim sredstvom Silvanolin ni negativno vplivala na modul elastičnosti in upogibno trdnost vezanih plošč.
- Vlažnost zaščitnih vzorcev je bila le nekoliko višja (9 %) kot pri nezaščitnih (8,9 %). Pri ugotavljanju gostote so imeli zaščiteni vzorci srednjo vrednost $780,6 \text{ kg/m}^3$, nezaščiteni vzorci pa $766,6 \text{ kg/m}^3$.

Z vidika mehanskih in fizikalnih lastnosti lahko ugotovimo, da je imela zaščitena vezana plošča nekoliko boljše lastnosti, ne pa tudi izrazito boljše lastnosti kot nezaščitena. Pomembno je, da se lastnosti niso poslabšale. To je bil tudi namen naloge, saj smo z impregnacijo furnirjev z zaščitnim sredstvom Silvanolin želeli podaljšati trajnost vezanih plošč in jim hkrati obdržati zadostne mehanske lastnosti.

- Zaščitene vezane plošče so bile najmanj odporne na ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*), saj je najbolj razgradila vzorce. Zaščiteni so izgubili 2,8 % mase, netretirani 64 %, kontrolni pa 80 %. Iz vizualnih ocen preraščanja smo opazili, da je micelij prerasel vse vzorce, vendar je kontrolne vzorce tudi razgradil, zaščiten vzorec pa je Silvanolin dobro zaščitil, saj je izgubil pod 3 % mase, kar ustreza zahtevam standarda SIST EN 113.

- Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) je najmanj razgradila vzorce, in sicer so zaščiteni vzorci izgubili 1,6 % mase, nezaščiteni in kontrolni vzorci pa okoli 55 % mase. Tudi tukaj je micelij dodobra prerasel vzorce, nezaščiteni in pa kontrolni so izgubili več kot pol prvotne mase, zaščiten vzorec pa je Silvanolin dobro zaščitil po SIST EN 113, saj je izgubil manj kot 3 % mase.
- Pri beli hišni gobi (*Poria vaillantii*) smo dobili najbolj zanimive rezultate. Zaščiteni vzorci so bili dobro zaščiteni, saj so vzorci v povprečju izgubili 1,8 %, kontrolni pa okoli 12 % in nezaščiteni okoli 1 % mase.
Pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi, se miceliji niso tako dobro razrasli kot pri ostalih glivah, zato je gliva tudi slabo razgradila les. Posledično pa je bila tudi izguba mase pri vzorcih nizka. Zanimiv rezultat je pri kontrolnem in nezaščitenem vzorcu, saj je nezaščiten izgubil $10 \times$ manj mase kot kontrolni.

Če analiziramo delovanje vseh treh gliv, lahko ocenimo, da je zaščitno sredstvo dobro zaščitilo plošče, saj pri nobeni gobi ni bila pri zaščitenem vzorcu izguba mase večja kot 3%.

V nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno podrobno proučiti vpliv melamin-urea-formaldehidnih lepil v vezanih ploščah iz iglavcev na belo hišno gobo.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo proučevali mehanske, fizikalne in fungicidne lastnosti vezanih plošč zaščitene s Silvanolinom. V raziskavi smo najprej furnirje dimenzije 500 mm × 130 mm klimatizirali v klimatski komori, nato smo polovico furnirjev, torej 60 vzdolžnih in 30 prečnih, tretirali v vakuumsko tlačni komori. Impregviran in neimpregviran furnir smo klimatizirali pri temperaturi 20±2°C in relativni zračni vlagi 55–65 %, da jim je vlažnost padla pod 12 %.

Furnirje smo lepili z melamin-urea-formaldehidnim lepilom s komercialnim imenom Meldur H97 v visokofrekvenčni enoetažni stiskalnici pri temperaturi 135 °C in tlaku 20 bar. Po klimatiziranju smo iz plošč v mizarški delavnici na Oddelku za lesarstvu razžagali preizkušance različnih dimenzij za ugotavljanje strižne trdnosti, modula elastičnosti in upogibne trdnosti, vlažnosti in gostote ter izgube mase po okužbi z glivami.

Pri ugotavljanju strižnih trdnosti smo uporabljali postopek, ki je opisan v standardu SIST EN 314 1. in 2. del. Glede na potencialno uporabo plošč smo se odločili za testiranje v 3. razredu. Testiranje je potekalo tako, da smo pred vsakim merjenjem v program testXpert II vnesli širino preizkušanca in razdaljo med zareza. Preizkušance smo obremenjevali s konstantnim pomikom 0,6 mm/min, da je prišlo do loma v 30–90 s. Po končanem merjenju smo ocenili, kakšen del loma po strižni površini je bil po lepilu in kakšen po lesu. To smo ocenjevali vizualno v odstotkih na 5 % natančno. Ocena 0 % pomeni lom v celoti po lepilu, 100 % pa v celoti po lesu (Slika 24).

Za ugotavljanje modula elastičnosti in upogibne trdnosti smo uporabljali postopek, ki je opisan v standardu SIST EN 310. Rezultat preizkusa je program podal kot modul elastičnosti, silo loma in upogibno trdnost.

Ugotavljanje vlažnosti smo izvedli po postopku, ki je opisan v standardu SIST EN 322, gostote vzorcev pa po postopku, kot določa standard SIST EN 323.

Mokri navzem smo računali že pri impregviranju furnirjev. Najprej smo ugotovili maso absolutno suhih furnirjev pred impregviranjem, nato pa še po impregviranju.

Testiranja za fungicidne lastnosti smo opravili po postopku, ki je opisan v standardu SIST EN 113. Vzorce smo izpostavili trem glivam in sicer: bela trohnoba (*Trametes versicolor*, *Hypoxylon fragifforme*) in rjava trohnoba (*Poria vaillantii*).

Ugotovili smo, da je bila pri 24-urnem namakanju vrednost strižne trdnosti lepilnega spoja pri nezaščitenih vzorcih 1,85 N/mm², lom po lesu pa 9 %. Zaščiteni vzorci so imeli boljšo srednjo vrednost strižne trdnosti lepilnega spoja, 2,3 N/mm², srednjo vrednost loma po lesu pa 45 %.

Rezultati pri načinu priprave »kuhanje-sušenje-kuhanje« so pokazali, da je lepilni spoj pri nekaterih vzorcih popustil že med kuhanjem. Srednja vrednost strižne trdnosti lepilnega spoja nezaščitenih vzorcev je bila 0,02 N/mm², loma po lesu pa 0 %. Pri zaščitenih vzorcih pa je bila srednja vrednost strižne trdnosti lepilnega spoja 0,15 N/mm², loma po lesu pa 1%.

Modul elastičnosti pri nezaščiteneh vzorcih je bil 11860 N/mm^2 pri zaščiteneh vzorcih pa 11990 N/mm^2 . Upogibna trdnost pri nezaščiteneh vzorcih je bila 118 N/mm^2 , pri zaščiteneh pa 120 N/mm^2 .

Gostota in vlažnost zaščiteneh vzorcev je bila nekoliko višja. Nezaščitene vzorci so imeli gostoto $766,6 \text{ kg/m}^3$, zaščitene vzorci pa $780,6 \text{ kg/m}^3$. Nezaščitene vzorci so imeli vlažnost 8,9 %, zaščitene vzorci pa 9 %.

Navzem zaščitnega sredstva Silvanolin je bil dober, saj je pripravek dobro penetriral v prečne in vzdolžne liste furnirja.

Pri vseh kontrolnih vzorcih, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevkki in ogljeni kroglici, je bila izguba mase več kot 20 %, kar pomeni, da sta bili glivi vitalni. Tako pa ni bilo pri kontrolnih vzorcih, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi, saj tukaj izguba mase ni presegla 20 %, kot zahteva standard, da bi bila gliva uspešna.

Zaščitene vezane plošče so bile dobro zaščitene, saj je razkroj s pisano ploskocevkko znašal le 1,6 % mase, nezaščitene pa 54,7 %. Zaščitene plošče, izpostavljene ogljeni kroglici so izgubile 2,8 % mase, nezaščitene pa 64,3 %. Pri beli hišni gobi so zaščitene vzorci izgubili enkrat več mase kot nezaščitene, in sicer 1,8 %, nezaščitene pa 0,9 %.

Zaključimo lahko, da zaščitno sredstvo Silvanolin dobro zaščiti vezano ploščo proti beli trohnobi. Na rjavo destruktivno trohnobo prav tako dobro zaščiti, vendar tudi nezaščitena vezana plošča ni izgubila veliko mase, zato bi bilo smiselno v prihodnosti opraviti raziskavo na temo vpliv melamin-urea-formaldehidnih lepil na belo hišno gobo in to na lesu iglavcev.

7 VIRI

- Benko R., Kervina-Hamovič L., Gruden M. 1987. Patologija lesa-lesna fitopatologija. Ljubljana, BF:122 str.
- Čermak M. 2001. Furnirji in plošče. Ljubljana, lesarska založba: 41-42
- Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 546 str.
- Green III F., Larsen M. J., Winandy J. E., Highley T.L. 1991. Role of oxalic in incipient brown- rot decay. Material und Organismen, 3: 193-213
- Humar M. 2006. Sorpcijske lastnosti lesa zaščitene s pripravki na osnovi bakra in etanolamina. Les, 58, 11-12: 348-350
- Humar M. 2008. Adsorpcija baker-etanolaminskih zaščitnih pripravkov v les. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85: 49-54
- Humar M. 2008b. Bela hišna goba—gliva, ki razkraja tudi zaščiten les. Les, 60, 2: -77
- Humar M. 2009. Ogljena kroglica ali jagodasti skorjeder. Les, 61, 9-10: 393-410
- Humar M., Pohleven F. 2000. Značilnost razkroja lesa z rjavo trohnobo. Les: 52, 7-8: 229-234
- Humar M., Pohleven F. 2006. Solution for wood preservation no. WO 2006 / 031207 AL. Genova: World intellectual property organization
- Humar M., Lesar B. 2009. Fungicidne lastnosti posameznih sestavin komercialnih baker—etanolaminskih pripravkov za zaščito lesa. V: Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Ljubljana : Gozdarski inštitut Slovenije: 107-114
- Kervina-Hamovič L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 126 str.
- Mešič N. 1998. Furniri, furnirske i stolarske ploče. Sarajevo, Grafika ŠARAN: 387 str.
- Nikolić, M. S. 1988. Furniri i slojevite ploče. Beograd, Građevinska knjiga: 414 str.
- Nikolić, M. S. 1983. Furniri i furnirske plošče. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, O OUR Institut za prerađu drveta: 376 str.
- Pohleven F., Petrič M. 1992. Ekološke perspektive zaštite lesa pred škodljivci. Nova proizvodnja, 43, 3: 94-98

- Pohleven F. 2000. Ogroženost lesnih predmetov kulturne dediščine z glivami. Les v restavracijah: 25-30
- Pohleven F. 2007. Prednosti rabe lesnih izdelkov pred drugimi materiali: predavanje na strokovnem seminarju. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo
- Pohleven F. 2008. Konstrukcijska zaščita lesa pred škodljivci. V: Gradnja z lesom–izziv in priložnost za Slovenijo. Kitek-Kuzman M. (ur) Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 96-112
- Pohleven F. 2008. Pisana ploskocevka: najbolj pogosta lesna goba. Les, 60, 3: -115
- Resnik J. 1989. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana: Biotehniška fakulteta VTOZD za lesarstvo: 103 str.
- Resnik J. 1995. Visokofrekvenčno segrevanje in lepljenje lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 109 str.
- Silvaproduct 2008. www.silvaproduct.si
- SIST EN 310:1993. Wood-based panels–Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength: 8 str.
- SIST EN 314-1:2005. Vezan les–kakovost zlepljenih spojev–1. del: Preizkusne metode: 20 str.
- SIST EN 314-2:1996. Vezan les–Kakovost zlepljenih spojev–2. del: Zahteve: 6 str.
- SIST EN 322:1993. Wood-based panels–Determination of moisture content: 6 str.
- SIST EN 323:1993. Wood-based panels–Determination of density: 7 str.
- SIST EN 113:1996. Wood preservatives–Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes–Determination of the toxic values: 30 str.
- Schmidt O. 1994. Holz und baumpilze. Berlin, Springer–Verlag: 246 str.
- Ščernjavič D. Lepljen les za konstrukcijske namene: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 87 str.
- Šernek M. 1999. Vpliv bistvenih dejavnikov na penetracijo in trdnost UF lepilnega spoja pri lepljenju bukovine; magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 111 str.
- Šernek M. 2004. Furnir in lepljen les; študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 1-38

- Šega B. 1992. Vpliv ognjezadrževalnega sredstva na nekatere mehanske lastnosti in gorljivost furnirne plošče; visokošolka diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 78-82
- Ugovšek A. 2009. Vpliv biocidov v lepilnem spoju na mehanske in fungicidne lastnosti lepljenega lesa: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 64-68
- Unger A., Schniewind A.P., Unger W. 2001. Conservation of wood artifacts. New York, Springer: 577 str.
- Zanjkovič B. 2007. Vpliv modifikacije lesa s tehnologijo Plato na kvaliteto lepljenja: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 74 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Milanu Šerneku za zanimivo temo in strokovno pomoč v zvezi z diplomskim delom, asistentu Mirku Karižu za pomoč pri opravljanju poizkusov, ter drugim zaposlenim na Katedri za Žagarstvo in lesna tvoriva.

Zahvaljujem se tudi recenzentu prof. dr. Francu Pohlevnu za recenzijo diplomske naloge, ter delavcem zaposlenim na Katedri za Patologijo in zaščito lesa, Mateji Česen pa za lektoriranje diplomske naloge.

Prav tako bi se zahvalil podjetju Novoles za furnir, Silvaprojektu za zaščitno sredstvo Silvanolin in podjetju Melamin Kočevje za lepilo Meldur H97. Brez vsega tega raziskave ne bi bilo mogoče izvesti.

Posebej pa bi se rad zahvalil domačim in študijskim kolegom, ki so mi stali ob strani in me podpirali v vseh letih študija. Posebna zahvala cimrama, ki sta me vzpodbujali.

PRILOGE

Priloga 1: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- nezaščiteni vzorci: postopek 24 ur namakanja

Zap. št.	Naziv vzorca	b [mm]	l [mm]	Maks. sila F [N]	Čas do loma t [s]	T [N/mm²]	W [%]
1.	N16-14	25,2	25,4	1372	56	2,15	5
2.	N16-4	25,2	25,0	1421	27	2,26	10
3.	N4-8	25,2	25,0	1247	36	1,98	5
4.	N16-8	25,1	25,0	1633	34	2,60	25
5.	N16-6	25,1	25,0	1203	28	1,91	10
6.	N16-3	25,1	25,0	1398	25	2,22	5
7.	N16-11	25,2	25,2	1351	47	2,13	30
8.	N5-11	25,2	25,0	823	21	1,31	5
9.	N16-15	25,2	25,1	0	0	0,00	0
10.	N16-1	25,1	25,0	1016	28	1,62	20
11.	N16-5	25,3	25,2	1448	34	2,27	30
12.	N16-10	25,2	25,1	1399	28	2,22	10
13.	N4-3	25,2	24,9	1505	34	2,39	25
14.	N4-12	25,1	25,0	1550	41	2,47	30
15.	N4-2	25,3	25,0	1389	48	2,20	25
16.	N16-2	25,2	25,0	1590	30	2,52	5
17.	N4-14	25,2	25,0	1466	26	2,33	0
18.	N4-13	25,0	25,0	1281	38	2,05	20
19.	N4-9	25,1	25,1	1482	41	2,36	15
20.	N16-7	25,2	25,1	1506	30	2,38	10
21.	N16-9	25,2	25,1	1629	32	2,58	10
22.	N16-13	25,1	25,6	1660	34	2,58	45
23.	N4-11	25,3	25,2	1291	39	2,03	15
24.	N4-16	25,2	25,0	1403	27	2,23	5
25.	N4-4	25,2	25,0	1226	34	1,94	20
26.	N4-10	25,2	25,2	1159	25	1,83	5
27.	N7-5	25,2	25,1	812	26	1,28	15
28.	N7-2	25,2	25,1	891	36	1,41	15
29.	N4-1	25,1	25,0	1117	41	1,78	15
30.	N4-15	25,3	25,0	1483	32	2,35	5
31.	N7-6	25,2	25,1	908	24	1,44	5
32.	N7-9	25,3	25,1	812	30	1,28	10
33.	N7-4	25,2	25,0	829	28	1,32	25
34.	N7-16	25,2	25,1	835	25	1,32	5
35.	N4-5	25,1	25,0	1463	31	2,34	5
36.	N10-13	25,2	25,0	1402	31	2,23	0
37.	N10-9	25,2	25,0	1744	37	2,77	0
38.	N10-11	25,2	25,0	1310	39	2,08	10
39.	N10-7	25,2	25,0	900	23	1,43	0
40.	N20-13	25,1	25,0	1437	31	2,29	10
41.	N10-10	25,2	25,0	1725	38	2,74	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

42.	N7-12	25,1	25,0	1049	35	1,67	25
43.	N10-14	25,2	24,9	1611	41	2,57	0
44.	N10-6	25,2	25,0	1220	22	1,94	0
45.	N10-8	25,2	25,0	365	13	0,58	0
46.	N20-11	25,2	25,0	1782	39	2,83	20
47.	N20-16	25,2	25,0	1604	36	2,55	10
48.	N20-6	25,2	25,0	1536	29	2,44	0
49.	N20-15	25,2	25,0	1584	30	2,51	10
50.	N20-4	25,2	25,0	1480	36	2,35	5
51.	N20-2	25,2	25,1	1711	43	2,71	55
52.	N20-9	25,2	24,9	1695	49	2,68	65
53.	N20-10	25,1	25,0	1925	35	3,06	30
54.	N20-14	25,2	25,0	1728	30	2,74	5
55.	N16-12	25,3	25,0	1377	28	2,18	10
56.	N10-1	25,2	25,1	0	0	0,00	0
57.	N15-7	25,2	25,1	1152	27	1,82	0
58.	N20-7	25,3	25,0	1739	32	2,76	5
59.	N20-5	25,1	24,9	1420	45	2,27	25
60.	N15-10	25,2	25,5	1301	24	2,03	0
61.	N10-12	25,2	25,0	1145	24	1,82	0
62.	N15-11	25,1	25,2	1535	29	2,43	0
63.	N15-4	25,2	25,0	1172	23	1,86	0
64.	N15-1	25,1	25,2	1133	25	1,79	0
65.	N15-12	25,1	25,1	1315	29	2,08	0
66.	N10-5	25,2	25,0	1178	27	1,87	0
67.	N20-3	25,2	25,1	1389	33	2,20	5
68.	N10-15	25,2	25,0	1570	30	2,50	0
69.	N16-16	25,1	25,0	1201	28	1,92	0
70.	N17-3	25,2	25,0	697	28	1,11	15
71.	N10-3	25,2	24,9	142	7	0,23	0
72.	N20-12	25,2	24,9	1701	38	2,70	20
73.	N10-16	25,2	25,0	1333	24	2,12	0
74.	N10-2	25,2	25,3	0	0	0,00	0
75.	N20-8	25,2	25,0	1533	32	2,44	20
76.	N8-16	25,2	24,9	1377	27	2,20	5
77.	N19-12	25,0	25,0	1101	23	1,76	5
78.	N17-10	25,1	25,0	950	25	1,51	15
79.	N15-16	25,1	25,1	1309	30	2,08	5
80.	N15-5	25,2	25,4	1108	23	1,73	0
81.	N17-11	25,3	24,9	916	22	1,45	5
82.	N17-9	25,2	25,1	926	26	1,47	10
83.	N15-13	25,2	25,5	963	17	1,50	5
84.	N8-15	25,2	25,0	1221	22	1,95	0
85.	N5-8	25,2	24,9	910	28	1,45	5
86.	N5-6	25,2	25,0	761	27	1,21	10
87.	N19-2	25,2	25,1	1581	32	2,50	15

Se nadaljuje

Nadaljevanje

88.	N19-5	25,2	25,2	1002	20	1,58	0
89.	N8-9	25,1	25,0	1389	38	2,21	20
90.	N8-4	25,2	25,0	1187	28	1,89	5
91.	N17-6	25,2	25,0	932	32	1,48	5
92.	N17-1	25,1	25,3	703	34	1,11	20
93.	N8-8	25,1	25,0	1158	27	1,84	5
94.	N15-14	25,2	25,3	1194	20	1,88	0
95.	N17-7	25,2	25,0	933	32	1,48	10
96.	N17-16	25,2	25,1	645	22	1,02	5
97.	N15-3	25,2	25,1	1261	23	1,99	0
98.	N8-11	25,2	25,0	1253	28	1,99	0
99.	N5-15	25,1	25,7	929	41	1,44	20
100.	N8-3	25,2	25,0	1222	28	1,95	5
101.	N32-11	25,2	25,0	1117	29	1,78	5
102.	N15-8	25,2	25,0	1048	24	1,66	0
103.	N17-15	25,2	25,2	786	26	1,24	5
104.	N15-15	25,2	25,2	1370	27	2,16	0
105.	N15-6	25,2	25,3	1477	83	2,32	0
106.	N19-13	25,2	25,3	1293	32	2,03	5
107.	N8-12	25,2	25,1	1441	26	2,29	0
108.	N15-19	25,1	25,7	0	0	0,00	0
109.	N15-2	25,2	25,2	1035	24	1,63	0
110.	N19-3	25,2	25,1	1483	28	2,35	35
111.	N19-7	25,2	25,2	1636	28	2,58	25
112.	N8-10	25,1	24,9	1548	28	2,47	5
113.	N8-14	25,2	25,0	1177	21	1,87	0
114.	N5-3	25,2	25,0	636	21	1,01	5
115.	N4-6	25,3	25,1	1315	28	2,07	5
116.	N17-13	25,2	25,0	817	25	1,30	10
117.	N8-1	25,2	25,0	1235	38	1,97	20
118.	N7-14	25,3	5,0	850	24	6,70	5
119.	N19-15	25,2	25,2	1474	32	2,32	5
120.	N7-7	25,2	25,1	911	25	1,44	10
121.	N7-15	25,2	25,1	963	30	1,52	30
122.	N5-14	25,0	26,0	978	30	1,51	15
123.	N7-8	25,2	25,1	853	27	1,35	5
124.	N7-1	25,2	25,0	877	26	1,39	5
125.	N7-3	25,2	25,0	919	30	1,46	5
126.	N4-7	25,2	25,0	1170	31	1,86	5
127.	N8-5	25,1	25,1	1385	32	2,20	20
128.	N7-10	25,1	25,1	875	24	1,39	15
129.	N17-5	25,1	25,0	880	33	1,40	0
130.	N5-10	25,2	25,1	910	23	1,44	5
131.	N7-11	25,2	25,0	918	34	1,46	25
132.	N17-14	25,3	25,0	768	27	1,22	5
133.	N5-13	25,1	26,3	856	28	1,29	10

Se nadaljuje

Nadaljevanje

134.	N20-1	25,2	25,1	1489	48	2,36	20
135.	N8-6	25,2	25,0	1158	23	1,84	5
136.	N8-7	25,2	25,0	1147	31	1,82	5
137.	N5-7	25,2	24,9	779	26	1,24	5
138.	N17-4	25,1	24,9	783	32	1,25	5
139.	N19-10	25,2	25,0	1459	24	2,31	5
140.	N7-13	25,2	25,0	759	26	1,20	15
141.	N19-1	25,2	25,1	1207	27	1,91	20
142.	N19-16	25,1	25,1	1365	33	2,17	5
143.	N17-13	25,2	25,0	837	27	1,33	0
144.	N8-2	25,2	25,0	1142	23	1,81	0
145.	N5-2	25,2	25,0	691	21	1,10	5
146.	N10-4	25,2	25,1	0	0	0,00	0
147.	N5-9	24,6	25,1	926	24	1,50	5
148.	N19-11	25,2	25,1	1389	22	2,20	5
149.	N19-4	25,1	25,0	1405	27	2,23	5
150.	N17-8	25,2	25,0	854	32	1,36	15
151.	N19-8	25,2	25,1	1152	23	1,83	5
152.	N5-4	25,2	25,1	592	20	0,94	5
153.	N5-1	25,1	25,0	660	26	1,05	10
154.	N5-5	25,2	25,0	783	30	1,24	25
155.	N19-14	25,2	25,2	1380	27	2,17	0
156.	N19-6	25,1	25,2	1349	23	2,13	0
157.	N8-13	25,2	25,0	1265	36	2,01	5
158.	N5-16	25,2	25,1	1020	32	1,61	10
159.	N13-9	25,1	26,3	0	0	0,00	0
160.	N17-2	25,2	25,1	878	35	1,39	10
					Min.	0,00	0
					Maks.	6,70	65
					Srednja vr.	1,85	9
					St. odklon	0,72	11

Priloga 2: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- zaščiteni vzorci: postopek 24 ur namakanja

Zap. št.	Naziv vzorca	b	l	Maks. sila F	Čas do loma t	T	W
		[mm]	[mm]	[N]	[s]	[N/mm²]	[%]
1.	T-8-9	25,17	24,92	1578	65	2,51	100
2.	T-8-4	25,2	25,06	1705	62	2,7	75
3.	T8-13	25,21	24,97	1893	45	3,01	100
4.	T8-14	25,12	25,18	1781	45	2,82	100
5.	T8-5	25,12	25,18	1895	40	3	80
6.	T16-9	25,19	25,07	1478	33	2,34	100
7.	T6-16	25,13	24,95	1321	42	2,11	100

Se nadaljuje

Nadaljevanje

8.	T8-7	25,19	25,03	1877	36	2,98	85
9.	T8-6	25,17	25,11	1908	42	3,02	40
10.	T5-11	25,2	24,98	1672	35	2,66	100
11.	T8-3	25,16	25,08	1784	33	2,83	100
12.	T8-2	25,19	25,06	1503	33	2,38	95
13.	T8-1	25,14	25,04	1613	33	2,56	95
14.	T5-10	25,26	25,04	1651	35	2,61	100
15.	T13-9	25,17	25,31	1155	38	1,81	95
16.	T6-2	25,15	25,18	373	9	0,59	0
17.	T11-7	25,19	25,13	1506	34	2,38	75
18.	T16-14	25,17	25,27	1574	28	2,48	20
19.	T16-5	25,19	25,04	1605	36	2,54	0
20.	T11-9	25,17	25,03	1444	34	2,29	100
21.	T11-16	25,23	25,01	1238	34	1,96	100
22.	T6-7	25,13	24,92	1286	32	2,05	10
23.	T11-12	25,19	24,79	1382	40	2,21	100
24.	T11-4	25,15	24,98	1573	24	2,5	0
25.	T8-15	25,13	25,09	1712	34	2,72	70
26.	T11-8	25,19	25,02	1466	33	2,33	75
27.	T13-6	25,19	24,97	939	33	1,49	40
28.	T13-11	25,18	24,98	1160	37	1,84	60
29.	T11-10	25,2	24,97	1499	33	2,38	100
30.	T13-7	25,23	24,97	1259	26	2	25
31.	T16-10	25,22	25,06	1568	31	2,48	100
32.	T6-9	25,07	25,25	1494	32	2,36	75
33.	T11-6	25,2	25,2	1959	21	3,09	0
34.	T5-2	25,14	25	1483	20	2,36	0
35.	T8-10	25,23	24,96	1669	33	2,65	100
36.	T13-13	25,15	25	1081	34	1,72	100
37.	T17-1	25,12	24,93	1450	38	2,32	10
38.	T16-6	25,19	25,14	1689	41	2,67	100
39.	T8-11	25,12	24,82	1738	39	2,79	100
40.	T6-10	25,17	25,09	1515	33	2,4	25
41.	T6-14	25,22	25,07	1453	40	2,3	60
42.	T11-5	25,13	25,31	1922	34	3,02	60
43.	T5-15	25,18	25,15	1391	26	2,2	10
44.	T17-9	25,13	25,12	1567	40	2,48	55
45.	T6-4	25,14	25,05	889	12	1,41	5
46.	T8-8	25,14	24,95	1875	45	2,99	100
47.	T5-9	25,14	25,1	1533	37	2,43	100
48.	T10-11	25,18	25	1253	32	1,99	0
49.	T17-4	25,16	24,96	996	15	1,59	5
50.	T10-2	25,23	24,98	1987	36	3,15	90
51.	T16-12	25,18	25	1449	31	2,3	100
52.	T12-16	25,15	25,18	1853	49	2,93	45
53.	T11-13	25,21	25,18	1446	35	2,28	100

Se nadaljuje

Nadaljevanje

54.	T10-3	25,16	24,98	2166	33	3,45	100
55.	T10-4	25,1	24,95	2027	27	3,24	100
56.	T12-11	25,16	25,07	1782	26	2,83	5
57.	T13-1	25,13	25,03	1177	43	1,87	75
58.	T12-9	25,18	25,06	1711	26	2,71	10
59.	T6-15	25,19	24,99	1300	31	2,06	95
60.	T12-13	25,1	25,23	1741	33	2,75	20
61.	T13-2	25,18	24,91	1287	34	2,05	100
62.	T13-3	25,19	25	1212	53	1,92	15
63.	T6-11	25,15	25,1	1409	25	2,23	35
64.	T13-8	25,18	24,95	1156	30	1,84	70
65.	T17-14	25,13	25,08	1284	23	2,04	35
66.	T4-13	25,08	25,09	1729	27	2,75	5
67.	T8-4	25,06	24,97	0	0	0	0
68.	T12-8	25,06	25,09	1639	32	2,61	15
69.	T12-2	25,14	25	1773	22	2,82	10
70.	T12-4	25,19	24,92	1631	26	2,6	10
71.	T6-12	25,13	25,08	1544	33	2,45	80
72.	T11-14	25,21	25,04	1396	37	2,21	80
73.	T17-3	25,11	24,99	914	12	1,46	0
74.	T17-10	25,15	25,16	1626	22	2,57	5
75.	T16-2	25,23	25,06	1703	38	2,69	80
76.	T10-9	25,17	25,03	1329	26	2,11	5
77.	T11-2	25,2	25,01	1309	16	2,08	0
78.	T17-12	25,12	25,01	1285	17	2,04	5
79.	T4-6	25,2	25,01	1303	15	2,07	0
80.	T4-7	25,08	24,98	1310	18	2,09	0
81.	T5-12	25,22	25,07	1511	29	2,39	100
82.	T17-16	25,18	25,02	1382	21	2,19	15
83.	T13-16	25,06	24,97	1208	27	1,93	85
84.	T10-16	25,15	25,06	1729	21	2,74	5
85.	T10-10	25,17	25	1221	24	1,94	0
86.	T5-3	25,17	25	1402	17	2,23	5
87.	T13-10	25,26	25,24	1285	36	2,02	100
88.	T10-5	25,16	25,1	1361	29	2,16	10
89.	T10-14	25,2	25,24	1383	28	2,17	45
90.	T17-7	25,2	25,24	1005	19	1,58	5
91.	T17-13	25,17	25,21	1365	28	2,15	100
92.	T4-4	25,17	25,14	1074	15	1,7	0
93.	T5-1	25,18	24,96	1480	29	2,36	95
94.	T4-5	25,17	25,05	1279	27	2,03	0
95.	T10-13	25,17	25,28	1766	39	2,78	35
96.	T4-2	25,15	25,33	1310	21	2,06	0
97.	T13-5	25,2	25,08	965	37	1,53	95
98.	T5-8	25,27	25,09	1475	34	2,33	90
99.	T16-7	25,2	25,07	1830	38	2,9	100

Se nadaljuje

Nadaljevanje

100.	T12-5	25,11	25,36	1865	39	2,93	45
101.	T4-9	25,11	25,16	1477	33	2,34	0
102.	T4-12	25,13	25,02	1676	22	2,67	0
103.	T8-16	25,21	25,1	1682	35	2,66	100
104.	T12-1	25,14	24,97	1513	30	2,41	10
105.	T11-11	25,23	24,91	1411	48	2,24	100
106.	T17-8	25,14	24,91	1012	18	1,62	0
107.	T12-15	25,17	25,24	2102	60	3,31	65
108.	T12-3	25,15	25,01	1445	39	2,3	20
109.	T17-6	25,15	24,92	1286	33	2,05	5
110.	T4-16	25,18	25,02	1888	29	3	0
111.	T4-8	25,11	24,96	1505	22	2,4	0
112.	T4-1	25,1	25,31	1346	18	2,12	0
113.	T12-14	25,12	25,21	2054	48	3,24	40
114.	T12-10	25,16	25,05	1831	29	2,91	0
115.	T10-15	25,2	25,16	1775	23	2,8	5
116.	T5-16	25,23	25,11	1329	42	2,1	35
117.	T5-7	25,18	25,16	1511	37	2,39	100
118.	T6-1	25,04	25,18	612	13	0,97	0
119.	T5-5	25,2	25,11	1465	31	2,32	100
120.	T6-6	25,15	24,93	1083	20	1,73	5
121.	T8-9	25,1	25,31	0	0	0	0
122.	T17-15	25,13	25,03	1314	26	2,09	60
123.	T5-13	25,18	25,3	1276	23	2	15
124.	T10-12	25,16	24,97	1509	30	2,4	0
125.	T12-6	25,1	25,25	1561	26	2,46	5
126.	T10-7	25,18	25,07	1346	21	2,13	0
127.	T5-6	25,19	25,23	1494	33	2,35	100
128.	T4-15	25,14	25	1429	22	2,27	0
129.	T5-4	25,17	25	1610	23	2,56	10
130.	T13-14	25,18	25,12	1171	37	1,85	100
131.	T6-5	25,15	24,87	1024	18	1,64	5
132.	T12-12	25,16	25,02	1378	25	2,19	0
133.	T13-4	25,15	24,98	1123	39	1,79	80
134.	T10-1	25,15	24,92	1800	32	2,87	5
135.	T17-2	25,14	24,98	937	26	1,49	5
136.	T4-14	25,19	25,1	1856	24	2,94	0
137.	T16-8	25,16	25,05	0	0	0	0
138.	T16-4	25,18	25,03	1662	36	2,64	100
139.	T17-5	25,18	24,96	1342	27	2,14	10
140.	T17-11	25,14	25,06	1367	20	2,17	0
141.	T13-12	25,14	24,85	1025	32	1,64	90
142.	T5-14	25,22	25,32	1246	42	1,95	25
143.	T16-16	25,12	25,14	1604	24	2,54	30
144.	T10-6	25,2	25,15	1373	25	2,17	0
145.	T3-3	25,17	25,09	974	14	1,54	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

146.	T4-10	25,22	25,1	1471	20	2,32	0
147.	T13-15	25,19	25,06	1130	35	1,79	100
148.	T6-8	25,14	24,9	1141	21	1,82	5
149.	T11-3	25,2	24,92	1620	24	2,58	20
150.	T16-1	24,95	25,03	1507	41	2,41	100
151.	T6-13	25,12	25,05	1253	40	1,99	65
152.	T16-3	25,14	24,97	1821	40	2,9	100
153.	T11-15	25,18	25,03	1412	41	2,24	75
154.	T11-1	25,2	25,04	1557	21	2,47	0
155.	T10-8	25,15	25,07	1761	35	2,79	0
156.	T4-11	25,14	25,02	1456	23	2,31	0
157.	T12-7	24,96	25,2	1675	34	2,66	10
158.	T16-15	25,18	25,31	1406	25	2,21	15
159.	T4-3	25,14	25,21	808	24	1,27	0
160.	T16-13	25,16	25,29	1387	27	2,18	100
161.	T16-11	25,19	24,98	1561	32	2,48	100
162.	T8-12	25,13	24,98	1754	46	2,79	65
						Min.	0,00
						Maks.	3,45
						Srednja vr.	2,28
						St. odklon	0,56

Priloga 3: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- nezaščiteni vzorci: postopek 4ure kuhanja + 16 do 20 ur sušenja + 4 ure kuhanja

Zap. št.	Naziv vzorca	b [mm]	l [mm]	Maks. sila F [N]	Čas do loma t [s]	T [N/mm ²]	W [%]
1.	N1-2	25,25	24,94	332	24	0,53	0
2.	N1-5	25,11	24,98	262	20	0,42	5
3.	N9-4	25,18	25,01	0	0	0	0
4.	N36-7	25,21	25,01	0	0	0	0
5.	N9-2	25,11	24,98	0	0	0	0
6.	N1-3	25,19	25	297	20	0,47	5
7.	N9-7	25,25	24,94	0	0	0	0
8.	N9-3	24,86	25,05	0	0	0	0
9.	N9-9	24,86	25,05	0	0	0	0
10.	N1-1	25,16	25,02	544	26	0,86	5
11.	N3-6	24,86	25,05	0	0	0	0
12.	N3-1	25,18	25,01	0	0	0	0
13.	N3-7	25,11	24,98	0	0	0	0
14.	N9-16	25,25	24,94	0	0	0	0
15.	N11-1	25,19	25	0	0	0	0
16.	N11-8	25,25	24,94	0	0	0	0
17.	N11-3	24,86	25,05	0	0	0	0
18.	N11-2	25,11	24,98	0	0	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

19.	N3-8	24,86	25,05	0	0	0	0
20.	N3-9	25,25	24,94	0	0	0	0
21.	N3-3	25,18	25,01	0	0	0	0
22.	N3-4	25,11	24,98	0	0	0	0
23.	N3-5	25,25	24,94	0	0	0	0
24.	N32-10	25,18	25,01	0	0	0	0
25.	N3-13	25,11	24,98	0	0	0	0
26.	N32-6	25,19	25	0	0	0	0
27.	N32-8	25,16	25,02	0	0	0	0
28.	N32-5	25,18	25,01	0	0	0	0
29.	N32-12	25,11	24,98	0	0	0	0
30.	N32-15	25,25	24,94	0	0	0	0
31.	N3-11	25,16	25,02	0	0	0	0
32.	N32-14	25,25	24,94	0	0	0	0
33.	N32-3	25,19	25	0	0	0	0
34.	N32-13	24,86	25,05	0	0	0	0
35.	N32-4	25,18	25,01	0	0	0	0
36.	N32-9	25,18	25,01	0	0	0	0
37.	N32-2	25,11	24,98	0	0	0	0
38.	N12-9	25,16	25,02	0	0	0	0
39.	N12-3	25,18	25,01	0	0	0	0
40.	N12-2	25,19	25	0	0	0	0
41.	N12-12	25,16	25,02	0	0	0	0
42.	N9-15	25,18	25,01	0	0	0	0
43.	N12-16	25,11	24,98	0	0	0	0
44.	N12-5	25,25	24,94	0	0	0	0
45.	N12-15	25,16	25,02	0	0	0	0
46.	N12-8	25,25	24,94	0	0	0	0
47.	N11-3	24,86	25,05	0	0	0	0
48.	N12-13	25,11	24,98	0	0	0	0
49.	N11-7	25,19	25	0	0	0	0
50.	N12-14	25,11	24,98	0	0	0	0
51.	N12-10	25,11	24,98	0	0	0	0
52.	N12-1	25,18	25,01	0	0	0	0
53.	N1-7	25,18	25,01	0	0	0	0
54.	N1-8	25,25	24,94	0	0	0	0
55.	N1-14	25,11	24,98	0	0	0	0
56.	N32-1	24,86	25,05	0	0	0	0
57.	N5-12	25,18	25,01	0	0	0	0
58.	N12-11	25,11	24,98	0	0	0	0
59.	N32-16	25,25	24,94	0	0	0	0
60.	N12-6	25,11	24,98	0	0	0	0
61.	N11-16	25,18	25,01	0	0	0	0
62.	N11-15	25,19	25	0	0	0	0
63.	N11-6	24,86	25,05	0	0	0	0
64.	N11-12	24,86	25,05	0	0	0	0
65.	N11-4	25,16	25,02	0	0	0	0
66.	N11-14	25,25	24,94	0	0	0	0
67.	N11-11	25,18	25,01	0	0	0	0
68.	N3-2	25,25	24,94	0	0	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

69.	N12-4	25,11	24,98	0	0	0	0
70.	N9-10	24,86	25,05	0	0	0	0
71.	N3-15	25,18	25,01	0	0	0	0
72.	N11-5	25,11	24,98	0	0	0	0
73.	N1-16	25,16	25,02	0	0	0	0
74.	N14-8	25,18	25,01	0	0	0	0
75.	N14-10	25,11	24,98	0	0	0	0
76.	N14-9	25,25	24,94	0	0	0	0
77.	N1-12	25,16	25,02	0	0	0	0
78.	N14-15	25,16	25,02	0	0	0	0
79.	N14-14	25,25	24,94	0	0	0	0
80.	N14-13	25,25	24,94	0	0	0	0
81.	N1-6	25,25	24,94	0	0	0	0
82.	N14-11	25,19	25	0	0	0	0
83.	N1-4	25,11	24,98	0	0	0	0
84.	N1-9	25,11	24,98	0	0	0	0
85.	N1-15	25,25	24,94	0	0	0	0
86.	N1-11	25,19	25	0	0	0	0
87.	N9-14	25,25	24,94	0	0	0	0
88.	N14-6	25,25	24,94	0	0	0	0
89.	N14-3	25,25	24,94	0	0	0	0
90.	N14-4	25,25	24,94	0	0	0	0
91.	N14-7	25,19	25	0	0	0	0
92.	N14-12	25,11	24,98	0	0	0	0
93.	N14-16	25,11	24,98	0	0	0	0
94.	N14-1	25,18	25,01	0	0	0	0
95.	N9-13	25,11	24,98	0	0	0	0
96.	N2-10	24,86	25,05	0	0	0	0
97.	N2-14	25,18	25,01	0	0	0	0
98.	N2-2	25,11	24,98	0	0	0	0
99.	N2-16	25,25	24,94	0	0	0	0
100.	N2-11	25,19	25	0	0	0	0
101.	N2-7	25,25	24,94	0	0	0	0
102.	N2-9	24,86	25,05	0	0	0	0
103.	N14-2	25,11	24,98	0	0	0	0
104.	N14-5	24,86	25,05	0	0	0	0
105.	N3-16	25,11	24,98	0	0	0	0
106.	N6-5	25,16	25,02	0	0	0	0
107.	N6-6	25,16	25,02	0	0	0	0
108.	N2-4	25,25	24,94	0	0	0	0
109.	N2-1	25,25	24,94	0	0	0	0
110.	N2-6	25,25	24,94	0	0	0	0
111.	N2-8	25,19	25	0	0	0	0
112.	N2-15	25,11	24,98	0	0	0	0
113.	N2-13	25,11	24,98	0	0	0	0
114.	N2-5	25,25	24,94	0	0	0	0
115.	N6-10	25,25	24,94	0	0	0	0
116.	N6-11	25,25	24,94	0	0	0	0
117.	N6-13	25,25	24,94	0	0	0	0
118.	N6-3	25,25	24,94	0	0	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

119.	N6-14	25,19	25	0	0	0	0
120.	N6-4	25,11	24,98	0	0	0	0
121.	N6-1	25,11	24,98	0	0	0	0
122.	N13-3	25,16	25,02	0	0	0	0
123.	N13-11	25,25	24,94	0	0	0	0
124.	N13-13	25,18	25,01	0	0	0	0
125.	N13-15	25,25	24,94	0	0	0	0
126.	N13-12	25,11	24,98	0	0	0	0
127.	N13-1	24,86	25,05	0	0	0	0
128.	N13-7	25,18	25,01	0	0	0	0
129.	N13-4	25,18	25,01	0	0	0	0
130.	N13-9	25,21	25,01	0	0	0	0
131.	N13-14	25,11	24,98	0	0	0	0
132.	N13-8	25,21	25,01	0	0	0	0
133.	N13-5	25,25	24,94	0	0	0	0
134.	N13-6	25,21	25,01	0	0	0	0
135.	N13-10	25,16	25,02	0	0	0	0
136.	N6-2	25,25	24,94	0	0	0	0
137.	N6-7	25,21	25,01	0	0	0	0
138.	N2-11	25,19	25	0	0	0	0
139.	N13-10	25,25	24,94	0	0	0	0
140.	N13-16	25,25	24,94	0	0	0	0
141.	N6-16	25,19	25	0	0	0	0
142.	N6-15	25,11	24,98	0	0	0	0
143.	N6-12	25,25	24,94	0	0	0	0
144.	N6-9	25,25	24,94	0	0	0	0
145.	N6-8	25,25	24,94	0	0	0	0
146.	N11-10	25,16	25,02	0	0	0	0
147.	N9-11	25,25	24,94	0	0	0	0
148.	N3-7	25,25	24,94	0	0	0	0
149.	N3-14	25,25	24,94	0	0	0	0
150.	N9-8	25,19	25	0	0	0	0
151.	N9-5	25,11	24,98	0	0	0	0
152.	N9-1	25,11	24,98	0	0	0	0
153.	N2-3	25,18	25,01	184	16	0,29	0
154.	N9-12	25,21	25,01	0	0	0	0
155.	N1-6	25,25	24,94	0	0	0	0
156.	N3-10	25,21	25,01	0	0	0	0
157.	N1-13	24,86	25,05	210	17	0,34	5
158.	N1-10	25,21	25,01	167	12	0,27	5
						Min.	0,00
						Maks.	0,86
						Srednja vr.	0,02
						St. odklon	0,10

Priloga 4: Rezultati ugotavljanja strižne trdnosti- zaščiteni vzorci: postopek 4 ure kuhanja + 16 do 20 ur sušenja + 4 ure kuhanja

Zap. št.	Naziv vzorca	b [mm]	l [mm]	Maks. sila F [N]	Čas do loma t [s]	T [N/mm ²]	W [%]
1.	T7-6	25,19	25,04	0	0	0	0
2.	T9-13	25,15	25,33	0	0	0	0
3.	T2-1	25,13	25,02	0	0	0	0
4.	T2-6	25,14	24,99	0	0	0	0
5.	T2-4	25,12	25,18	0	0	0	0
6.	T3-13	25,11	25,02	0	0	0	0
7.	T15-9	25,2	25,01	0	0	0	0
8.	T15-11	25,17	24,92	723	19	1,15	0
9.	T9-1	25,14	25,03	0	0	0	0
10.	T1-13	25,2	25,27	0	0	0	5
11.	T9-15	25,2	25,01	0	0	0	0
12.	T3-15	25,16	24,91	0	0	0	0
13.	T2-13	25,15	25,33	0	0	0	0
14.	T3-16	25,17	24,92	497	15	0,79	5
15.	T3-2	25,06	24,99	0	0	0	0
16.	T1-5	25,15	25,33	0	0	0	5
17.	T20-5	25,06	25,03	0	0	0	0
18.	T3-1	25,12	25,18	0	0	0	0
19.	T3-12	25,19	25,05	0	0	0	0
20.	T14-9	25,12	25,18	0	0	0	0
21.	T2-2	25,14	25,03	0	0	0	0
22.	T2-3	25,18	24,93	199	47	0,32	0
23.	T2-16	25,17	25,13	0	0	0	0
24.	T19-10	25,14	24,99	0	0	0	0
25.	T1-15	25,17	24,92	0	0	0	0
26.	T19-9	25,06	24,99	0	0	0	0
27.	T19-14	25,12	25,18	0	0	0	0
28.	T14-4	25,15	25,33	0	0	0	0
29.	T14-10	25,22	25,07	0	0	0	0
30.	T14-16	25,2	25,44	0	0	0	0
31.	T19-15	25,12	25,18	0	0	0	0
32.	T3-3	25,15	25,33	0	0	0	0
33.	T3-14	25,2	25,01	444	13	0,7	0
34.	T9-9	25,18	24,93	0	0	0	0
35.	T14-1	25,06	25,03	0	0	0	0
36.	T9-10	25,18	24,93	0	0	0	0
37.	T9-14	25,17	25,13	0	0	0	0
38.	T9-8	25,19	25,06	0	0	0	0
39.	T9-2	25,18	24,93	0	0	0	0
40.	T9-3	25,22	25,07	0	0	0	0
41.	T9-4	25,16	25,22	0	0	0	0
42.	T9-12	25,18	24,93	0	0	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

43.	T9-16	25,22	25,07	0	0	0	0
44.	T20-16	25,2	25,01	0	0	0	0
45.	T7-8	25,14	25,16	0	0	0	0
46.	T9-6	25,2	25,44	0	0	0	0
47.	T15-1	25,06	25,03	64	54	0,1	0
48.	T14-3	25,22	25,07	0	0	0	0
49.	T1-1	25,14	25,03	492	14	0,78	5
50.	T1-6	25,15	25,33	0	0	0	0
51.	T1-14	25,2	25,01	0	0	0	0
52.	T19-8	25,19	25,04	0	0	0	0
53.	T15-5	25,16	25,22	0	0	0	0
54.	T7-4	25,18	24,93	0	0	0	0
55.	T19-1	25,18	24,93	0	0	0	0
56.	T15-16	25,14	25,16	0	0	0	0
57.	T18-13	25,2	25,44	524	35	0,82	5
58.	T9-7	25,19	25,06	0	0	0	0
59.	T7-10	25,2	25,01	0	0	0	0
60.	T7-2	25,2	25,01	0	0	0	0
61.	T2-12	25,16	25,08	0	0	0	0
62.	T2-11	25,17	25,13	0	0	0	0
63.	T2-5	25,17	25	0	0	0	0
64.	T2-10	25,19	25,06	566	20	0,9	0
65.	T3-4	25,22	25,07	0	0	0	0
66.	T3-8	25,18	24,99	640	27	1,02	0
67.	T14-6	25,14	25,16	0	0	0	0
68.	T14-8	25,2	25,44	0	0	0	0
69.	T14-15	25,19	25,06	0	0	0	0
70.	T18-8	25,15	25,01	0	0	0	0
71.	T14-2	25,22	25,07	0	0	0	0
72.	T15-15	25,22	25,07	0	0	0	0
73.	T19-1	25,14	25,16	363	77	0,57	0
74.	T3-11	25,17	25,13	164	36	0,26	0
75.	T7-3	25,22	25,07	0	0	0	0
76.	T14-12	25,2	25,44	0	0	0	0
77.	T1-3	25,14	24,99	505	24	0,8	5
78.	T2-15	25,16	25,08	0	0	0	0
79.	T3-5	25,06	24,99	297	28	0,47	0
80.	T14-11	25,17	25	0	0	0	0
81.	T14-14	25,17	24,99	0	0	0	0
82.	T18-1	25,2	25,44	0	0	0	0
83.	T3-10	25,16	25,22	316	18	0,5	0
84.	T14-7	25,15	25,01	0	0	0	0
85.	T14-13	25,12	24,97	0	0	0	0
86.	T3-6	25,22	25,07	365	19	0,58	0
87.	T3-7	25,17	24,99	474	22	0,75	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

88.	T20-15	25,16	25,08	0	0	0	0
89.	T20-1	25,2	25,44	0	0	0	0
90.	T20-2	25,17	24,99	401	20	0,64	5
91.	T7-7	25,17	25,13	0	0	0	0
92.	T7-1	25,16	25,18	0	0	0	0
93.	T8-14	25,12	25,18	202	47	0,32	0
94.	T14-5	25,15	25,01	0	0	0	0
95.	T3-9	25,12	25,31	396	22	0,62	0
96.	T1-12	25,18	24,99	604	31	0,96	5
97.	T1-2	25,15	25,01	343	16	0,55	5
98.	T19-11	25,14	25,16	0	0	0	0
99.	T20-4	25,16	25,08	0	0	0	0
100.	T20-12	25,15	25,01	0	0	0	0
101.	T20-8	25,17	25	0	0	0	0
102.	T20-6	25,17	25,17	165	44	0,26	0
103.	T20-3	25,16	25,08	372	23	0,59	0
104.	T19-4	25,12	24,97	0	0	0	0
105.	T18-4	25,15	24,94	439	22	0,7	0
106.	T1-10	25,17	25	456	16	0,72	5
107.	T9-5	25,17	25,08	0	0	0	0
108.	T9-11	25,22	25,07	0	0	0	0
109.	T18-6	25,2	25,44	0	0	0	0
110.	T18-15	25,18	25,15	559	35	0,88	5
111.	T15-3	25,17	24,99	0	0	0	0
112.	T2-8	25,12	25,31	0	0	0	0
113.	T2-14	25,2	25,44	0	0	0	0
114.	T2-9	25,19	25,14	319	14	0,5	0
115.	T7-11	25,14	24,99	0	0	0	0
116.	T18-2	25,12	24,97	0	0	0	0
117.	T18-3	25,16	25,08	308	22	0,49	0
118.	T15-4	25,06	24,99	0	0	0	0
119.	T15-14	25,18	24,99	0	0	0	0
120.	T20-7	25,17	25,07	0	0	0	0
121.	T20-14	25,18	25,15	0	0	0	0
122.	T20-11	25,15	25,01	0	0	0	0
123.	T20-10	25,2	25,44	0	0	0	0
124.	T20-9	25,17	25	0	0	0	0
125.	T20-13	25,16	25,08	0	0	0	0
126.	T18-11	25,16	25,18	76	34	0,12	0
127.	T7-16	25,12	25,26	0	0	0	0
128.	T18-9	25,16	25,18	219	33	0,35	0
129.	T19-16	25,15	25,01	0	0	0	0
130.	T19-2	25,17	25,08	487	22	0,77	0
131.	T2-7	25,14	24,99	0	0	0	0
132.	T19-5	25,2	25,3	0	0	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

133.	T7-14	25,17	25,13	0	0	0	0
134.	T7-13	25,12	25,26	0	0	0	0
135.	T7-12	25,15	25,01	0	0	0	0
136.	T7-9	25,15	25,01	0	0	0	0
137.	T7-15	25,16	25,08	0	0	0	0
138.	T19-3	25,17	25,07	53	49	0,08	0
139.	T15-10	25,2	25,3	0	0	0	0
140.	T18-10	25,18	25,15	0	0	0	0
141.	T18-12	25,2	25,44	0	0	0	0
142.	T18-7	25,16	25,08	0	0	0	0
143.	T18-5	25,12	24,97	0	0	0	0
144.	T18-16	25,17	25,12	439	27	0,69	5
145.	T15-2	25,06	24,99	0	0	0	0
146.	T1-16	25,18	25,09	220	32	0,35	0
147.	T15-12	25,15	25,1	417	58	0,66	0
148.	T19-7	25,12	25,31	0	0	0	0
149.	T19-6	25,17	25,08	0	0	0	0
150.	T1-7	25,12	25,26	403	21	0,63	5
151.	T15-13	25,12	25,18	0	0	0	0
152.	T18-14	25,2	25,3	292	82	0,46	5
153.	T19-12	25,16	25,08	0	0	0	0
154.	T1-9	25,17	25,13	0	0	0	0
155.	T1-8	25,16	25,28	360	17	0,57	5
156.	T15-6	25,17	25,08	0	0	0	0
157.	T15-8	25,13	24,97	359	23	0,57	0
158.	T1-4	25,16	25,18	0	0	0	0
159.	T1-11	25,12	24,97	413	19	0,66	5
160.	T7-5	25,2	25,44	0	0	0	0
161.	T15-7	25,16	25,08	582	33	0,92	5
						Min.	0,00
						Maks.	1,15
						Srednja vr.	0,15
						St. odklon	0,29

Priloga 5: Rezultati ugotavljanja modula elastičnosti in upogibne trdnosti- zaščiteni vzorci

Zap. št.	Naziv vzorca	t	b	l_1	Čas do loma	F_{max}	E_m	f_m
		[mm]	[mm]	[mm]	[s]	[N]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1.	T31-3	6,31	49,9	120	63	1260	10400	114
2.	T24-1	6,33	50	120	59	1400	11400	125
3.	T25-4	6,32	49,9	120	51	1360	12700	123
4.	T29-3	6,33	50	120	50	1530	14100	138
5.	T27-3	6,3	49,9	120	63	1220	11400	110

Se nadaljuje

Nadaljevanje

6.	T26-1	6,37	50	120	44	1320	12000	117
7.	T22-4	6,15	49,9	120	58	1350	11000	119
8.	T23-1	6,28	50,1	120	65	1430	14300	130
9.	T21-3	6,33	49,9	120	59	1400	12800	126
10.	T24-3	6,34	49,9	120	59	1390	11700	124
11.	T26-4	6,21	49,9	120	58	1400	12600	131
12.	T31-4	6,2	50,1	120	65	1260	10600	117
13.	T31-1	6,35	50	120	53	1220	10600	109
14.	T24-2	6,31	50	120	53	1310	11400	119
15.	T30-2	6,35	49,9	120	54	1180	10400	105
16.	T24-4	6,3	50	120	55	1350	11600	123
17.	T30-4	6,37	49,9	120	48	1290	10600	115
18.	T29-2	6,15	49,9	120	52	1510	15300	144
19.	T23-2	6,29	50	120	71	1400	13200	127
20.	T25-1	6,25	49,9	120	58	1300	11300	120
21.	T22-2	6,22	50	120	62	1240	10600	115
22.	T22-1	6,35	50	120	53	1240	10600	111
23.	T22-3	6,32	49,9	120	53	1310	10800	115
24.	T23-4	6,28	49,8	120	60	1320	13600	121
25.	T28-1	6,3	49,9	120	50	1260	13100	121
26.	T29-1	6,27	49,9	120	49	1620	15300	149
27.	T28-3	6,23	49,9	120	55	1320	12600	122
28.	T21-1	6,27	50	120	53	1440	13900	132
29.	T26-2	6,21	49,9	120	61	1290	11600	120
30.	T29-4	6,21	49,9	120	55	1470	14300	138
31.	T26-3	6,37	50	120	48	1290	11100	114
32.	T27-4	6,27	49,8	120	57	1280	11800	117
33.	T31-2	6,28	49,9	120	63	1240	10900	113
34.	T23-3	6,26	49,9	120	59	1420	13400	131
35.	T30-3	6,38	49,9	120	52	1360	11700	121
36.	T28-2	6,28	49,9	120	53	1230	11800	113
37.	T21-2	6,32	50	120	57	1310	13000	118
38.	T30-1	6,35	50	120	49	1180	9450	106
39.	T27-2	6,28	->49,6	120	52	1200	10800	110
40.	T28-4	6,32	50	120	58	1200	11400	108
41.	T27-1	6,27	50	120	57	1140	10400	105
42.	T25-3	6,13	49,9	120	60	1260	12300	114
43.	T21-4	6,38	50	120	50	1320	12100	116
44.	T25-2	6,26	49,9	120	55	1320	11600	122
					Min.	1140,00	9450,00	105,00
					Maks.	1620,00	15300,00	149,00
					Srednja vr.	1321,36	11989,77	120,18
					St. odklon	100,20	1389,73	9,91

Priloga 6: Rezultati ugotavljanja modula elastičnosti in upogibne trdnosti- nezaščiteni vzorci

Zap. št.	Naziv vzorca	t [mm]	b [mm]	l₁ [mm]	Čas do loma [s]	F_{max} [N]	E_m [N/mm²]	f_m [N/mm²]
1.	N28-4	6,04	49,9	120	58	1210	12300	120
2.	N21-1	5,97	50	120	83	1230	13200	125
3.	N23-3	6,44	49,9	120	52	1250	11500	108
4.	N25-1	6,27	50	120	52	1250	11000	115
5.	N27-2	6,18	49,9	120	82	1150	11500	108
6.	N27-4	6,22	49,9	120	56	1280	11700	119
7.	N27-1	6,33	50	120	47	1120	10200	100
8.	N30-3	6,3	50	120	71	1370	11700	113
9.	N29-3	6,26	49,9	120	49	1380	11500	113
10.	N27-3	6,37	50	120	57	1350	12000	120
11.	N24-1	6,1	49,9	120	64	1230	11200	119
12.	N25-2	6,04	49,8	120	74	1270	12700	126
13.	N26-3	6,18	50	120	57	1410	13200	133
14.	N23-2	6,4	->49,7	120	64	1190	10200	106
15.	N29-2	6,27	50	120	67	1390	14000	127
16.	N28-3	6,02	49,9	120	55	1140	11400	114
17.	N21-4	5,7	50	120	75	1110	12600	124
18.	N23-1	6,48	50	120	56	1290	10500	111
19.	N26-2	6,21	50	120	68	1430	13100	133
20.	N31-2	6	50	120	69	1350	11200	111
21.	N21-3	5,8	49,8	120	81	1150	8710	95
22.	N21-2	5,82	49,9	120	94	1250	14100	133
23.	N22-1	6,2	50	120	55	1200	11500	113
24.	N26-4	6,24	49,9	120	53	1420	13100	132
25.	N30-4	6,15	50	120	83	1420	11700	117
26.	N22-2	6,23	49,9	120	61	1320	12000	122
27.	N25-3	6,27	49,9	120	69	1320	12300	121
28.	N26-1	6,15	49,9	120	69	1300	12400	124
29.	N28-1	6	50	120	56	1190	12100	119
30.	N31-1	6,13	50,1	120	61	1370	14400	131
31.	N31-4	6,32	49,8	120	77	1300	11300	108
32.	N22-4	6,26	49,9	120	63	1270	10300	117
33.	N25-4	6,15	49,9	120	74	1250	12400	119
34.	N30-2	6,1	49,9	120	71	1400	11300	115
35.	N29-1	6,26	50	120	63	1340	12000	111
36.	N22-3	6,25	50	120	63	1160	9290	107
37.	N24-3	6,13	50	120	47	1190	10700	114
38.	N31-3	6,01	49,9	120	61	1380	14400	132
39.	N23-4	6,33	49,8	120	53	1210	11300	110
40.	N30-1	6,2	49,9	120	68	1350	13300	126
41.	N28-2	6,03	49,9	120	55	1140	11200	113
42.	N24-2	6,1	50	120	51	1310	11400	127

Se nadaljuje

nadaljevanje

43.	N24-2	6,14	50	120	53	1200	10900	115
44.	N29-4	6,26	49,9	120	57	1360	13200	125
					Min.	1110,00	8710,00	95,00
					Maks.	1430,00	14400,00	133,00
					Srednja vr.	1277,27	11863,64	117,98
					St. odklon	92,54	1257,26	9,05

Priloga 7: Rezultati ugotavljanja vlažnosti in gostote- nezaščiteni vzorci

Zap. št.	Naziv vzorca	b_1	b_2	t	m_{vl}	m_u	u	ρ
		[m]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[%]	[kg/m ³]
1.	N28-4	0,04999	0,04995	0,00605	0,0112	0,01033	8,42	741,4
2.	N21-1	0,05009	0,04992	0,00599	0,01149	0,01055	8,91	767,1
3.	N23-3	0,04997	0,04995	0,00646	0,01182	0,01096	7,85	733,1
4.	N25-1	0,05002	0,04991	0,00615	0,01161	0,01065	9,01	756,2
5.	N27-2	0,05018	0,04992	0,00619	0,01287	0,01183	8,79	830,0
6.	N27-4	0,04991	0,04995	0,00623	0,01188	0,01089	9,09	764,9
7.	N27-1	0,05003	0,04996	0,00629	0,01246	0,01142	9,11	792,5
8.	N30-3	0,05003	0,04995	0,00629	0,01219	0,01117	9,13	775,5
9.	N29-3	0,04987	0,04995	0,00624	0,01241	0,01114	8,86	798,4
10.	N27-3	0,05007	0,04994	0,00634	0,01152	0,01059	8,78	726,7
11.	N24-1	0,05	0,04991	0,00603	0,01099	0,01014	8,38	730,3
12.	N25-2	0,05005	0,04995	0,0061	0,01183	0,01084	9,13	775,7
13.	N26-3	0,04998	0,04996	0,00615	0,01177	0,0108	8,98	766,4
14.	N23-2	0,04964	0,0499	0,0064	0,01183	0,01084	9,13	746,2
15.	N29-2	0,05004	0,05002	0,00629	0,01211	0,0111	9,10	769,2
16.	N28-3	0,04988	0,04993	0,00603	0,01104	0,01021	8,13	735,1
17.	N21-4	0,0499	0,04993	0,00577	0,01111	0,0102	8,92	772,8
18.	N23-1	0,05002	0,04996	0,00647	0,01188	0,01095	8,49	734,8
19.	N26-2	0,05001	0,04994	0,00617	0,01228	0,01128	8,87	796,9
20.	N31-2	0,04988	0,04998	0,00602	0,01249	0,01145	9,08	832,2
21.	N21-3	0,05003	0,04993	0,00588	0,01124	0,01031	9,02	765,2
22.	N21-2	0,05007	0,05004	0,00591	0,0114	0,01046	8,99	769,9
23.	N22-1	0,05008	0,04998	0,00618	0,01136	0,01044	8,81	734,4
24.	N26-4	0,04997	0,04996	0,00621	0,01185	0,01088	8,92	764,4
25.	N30-4	0,04994	0,04989	0,00612	0,01244	0,01142	8,93	815,8
26.	N22-2	0,04993	0,04992	0,00623	0,0115	0,01056	8,90	740,6
27.	N25-3	0,05	0,04988	0,0062	0,01186	0,01089	8,91	767,0
28.	N26-1	0,04991	0,04993	0,0061	0,01176	0,0108	8,89	773,6
29.	N28-1	0,05001	0,04996	0,006	0,01098	0,0101	8,71	732,4
30.	N31-1	0,05003	0,0499	0,00606	0,01218	0,01117	9,04	805,1
31.	N31-4	0,04992	0,04995	0,00603	0,01185	0,01087	9,02	788,1
32.	N22-4	0,05001	0,04998	0,00628	0,01191	0,01094	8,87	758,8

Se nadaljuje

Nadaljevanje

33.	N25-4	0,04999	0,04994	0,00614	0,01197	0,01098	9,02	780,9
34.	N30-2	0,05	0,04998	0,00606	0,01215	0,01113	9,16	802,3
35.	N29-1	0,05003	0,0499	0,00623	0,01205	0,01104	9,15	774,8
36.	N22-3	0,04998	0,04995	0,0062	0,01208	0,01112	8,63	780,4
37.	N24-3	0,05004	0,04994	0,0061	0,01098	0,01007	9,04	720,3
38.	N31-3	0,05007	0,04993	0,00612	0,0119	0,01094	8,78	777,8
39.	N23-4	0,04976	0,04993	0,00636	0,01184	0,01087	8,92	749,3
40.	N30-1	0,05004	0,04994	0,00616	0,01231	0,01128	9,13	799,7
41.	N28-2	0,05002	0,04985	0,00599	0,01096	0,01006	8,95	733,8
42.	N24-2	0,05003	0,04999	0,00605	0,01116	0,01029	8,45	737,6
43.	N24-4	0,04993	0,04996	0,00613	0,01111	0,01021	8,81	726,6
44.	N29-4	0,05	0,04993	0,00626	0,01228	0,01126	9,06	785,8
							Min.	7,85
							Maks.	9,16
							Srednja vr.	8,87
							St. odklon	0,28
								720,29
								832,23
								766,59
								28,53

Priloga 8: Rezultati ugotavljanja vlažnosti in gostote- zaščiteni vzorci

Zap. št.	Naziv vzorca	b_1	b_2	t	m_{vl}	m_u	u	ρ
		[m]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[%]	[kg/m ³]
1.	T31-3	0,05001	0,04992	0,00639	0,01197	0,01095	9,32	750,3
2.	T24-1	0,05002	0,0499	0,00641	0,0128	0,01176	8,84	800,0
3.	T25-4	0,0499	0,04989	0,00632	0,01195	0,01094	9,23	759,5
4.	T29-3	0,05006	0,04994	0,00635	0,01292	0,01182	9,31	813,9
5.	T27-3	0,04996	0,04993	0,0063	0,01193	0,01095	8,95	759,1
6.	T26-1	0,05007	0,0499	0,0064	0,01303	0,01191	9,40	814,9
7.	T22-4	0,04994	0,04995	0,00622	0,01238	0,01134	9,17	797,9
8.	T23-1	0,05007	0,04998	0,00632	0,01301	0,01195	8,87	822,6
9.	T21-3	0,05003	0,04994	0,00633	0,01235	0,01131	9,20	780,9
10.	T24-3	0,05003	0,04995	0,00636	0,01219	0,01128	8,07	767,0
11.	T26-4	0,05001	0,05	0,00622	0,01211	0,01107	9,39	778,6
12.	T31-4	0,04983	0,04995	0,00626	0,01194	0,01096	8,94	766,3
13.	T31-1	0,05005	0,04998	0,0064	0,01187	0,0109	8,90	741,4
14.	T24-2	0,04993	0,04991	0,00638	0,01236	0,01133	9,09	777,4
15.	T30-2	0,05003	0,04988	0,00639	0,01237	0,01133	9,18	775,7
16.	T24-4	0,0499	0,04991	0,00635	0,01205	0,01103	9,25	761,9
17.	T30-4	0,04994	0,04996	0,00641	0,01139	0,01044	9,10	712,2
18.	T29-2	0,05004	0,04987	0,0062	0,01285	0,01176	9,27	830,5
19.	T23-2	0,05006	0,0499	0,0063	0,01304	0,01191	9,49	828,6
20.	T25-1	0,05007	0,05	0,00623	0,01233	0,0113	9,12	790,5
21.	T22-2	0,05007	0,04999	0,00627	0,01243	0,01137	9,32	792,0
22.	T22-1	0,05005	0,04991	0,00636	0,01236	0,01129	9,48	778,0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

23.	T22-3	0,04994	0,04999	0,00632	0,01207	0,01107	9,03	765,0
24.	T23-4	0,04989	0,04996	0,00631	0,0124	0,01136	9,15	788,4
25.	T28-1	0,05002	0,04991	0,00627	0,01208	0,01105	9,32	771,7
26.	T29-1	0,05002	0,0499	0,00629	0,01271	0,01172	8,45	809,6
27.	T28-3	0,04995	0,04996	0,00629	0,01215	0,01121	8,39	774,0
28.	T21-1	0,05007	0,04999	0,0063	0,01276	0,01167	9,34	809,2
29.	T26-2	0,05012	0,04993	0,00625	0,01306	0,01199	8,92	835,0
30..	T29-4	0,04992	0,04996	0,0062	0,01301	0,01201	8,33	841,4
31.	T26-3	0,05009	0,04996	0,0064	0,0127	0,01172	8,36	793,0
32.	T27-4	0,04981	0,04989	0,00626	0,01206	0,01104	9,24	775,3
33.	T31-2	0,05009	0,0499	0,00631	0,01206	0,01103	9,34	764,7
34.	T23-3	0,04994	0,04995	0,00626	0,01271	0,01165	9,10	813,9
35.	T30-3	0,05008	0,04994	0,00639	0,01162	0,0107	8,60	727,1
36.	T28-2	0,04999	0,04987	0,0063	0,01193	0,01092	9,25	759,6
37.	T21-2	0,04999	0,04993	0,00636	0,01248	0,01142	9,28	786,2
38.	T30-1	0,05006	0,04993	0,00635	0,01209	0,0111	8,92	761,7
39.	T27-2	0,04972	0,04995	0,00629	0,01154	0,01058	9,07	738,7
40.	T28-4	0,05007	0,04992	0,00635	0,0119	0,01089	9,27	749,8
41.	T27-1	0,04999	0,0499	0,00625	0,01171	0,01082	8,23	751,1
42.	T25-3	0,04998	0,04996	0,00629	0,01188	0,01091	8,89	756,4
43.	T21-4	0,04996	0,04992	0,0064	0,01235	0,01129	9,39	773,7
44.	T25-2	0,05006	0,04999	0,00624	0,01249	0,01143	9,27	799,8
						Min.	8,07	712,19
						Maks.	9,49	841,37
						Srednja vr.	9,05	780,56
						St. odklon	0,36	29,38

Priloga 9: Rezultati ugotavljanja izguba mase vzorca pri ogljeni kroglici

Hypoxylon fragifarme				Izguba mase [%]
Po okužbi	g	Pred okužbo	g	
K-25	0,5820	K-25	4,9087	88,1
K-10	0,4800	K-10	5,1109	90,6
K-29	1,2256	K-29	4,9724	75,4
K-21	0,7601	K-21	4,9837	84,7
K-14	1,8095	K-14	4,8094	62,4
K-20	1,3162	K-20	4,9847	73,6
K-17	1,0742	K-17	4,9715	78,4
K-11	0,7335	K-11	5,0030	85,3
K-27	0,8717	K-27	4,7722	81,7
N0-8	1,9839	N0-8	5,5572	64,3
T0-3	5,3385	T0-3	5,4639	2,3
T0-8	5,2511	T0-8	5,6065	6,3
T0-6	5,4505	T0-6	5,5454	1,7
T0-7	5,2825	T0-7	5,3921	2,0
T0-11	5,3542	T0-11	5,4856	2,4
T0-13	4,9338	T0-13	5,0974	3,2
T0-19	5,4516	T0-19	5,5248	1,3

Priloga 10: Rezultati ugotavljanja izgube mase vzorca pri pisani ploskocevk

Trametes versicolor				Izguba mase [%]
Po okužbi	[g]	Pred okužbo	[g]	
K-16	2,0701	K-16	5,1792	60,0
K-5	2,1662	K-5	4,9038	55,8
K-12	2,3607	K-12	4,8442	51,3
K-19	2,1071	K-19	4,8868	56,9
K-30	2,8630	K-30	4,9868	42,6
K-13	2,3985	K-13	4,7596	49,6
K-23	2,2727	K-23	4,9403	54,0
K-24	1,7837	K-24	4,8598	63,3
K-28	2,5903	K-28	4,8406	46,5
K-26	1,8723	K-26	5,0610	63,0
N0-14	2,6444	N0-14	5,5761	52,6
N0-7	2,7063	N0-7	5,4744	50,6
N0-10	2,6196	N0-10	5,4276	51,7
N0-11	2,3415	N0-11	5,5666	57,9
N0-3	2,6919	N0-3	5,4334	50,5
N0-20	1,9159	N0-20	5,4863	65,1
T0-17	5,3075	T0-17	5,4006	1,7
T0-16	5,3661	T0-16	5,4496	1,5
T0-14	5,3970	T0-14	5,4540	1,0
T0-1	5,5460	T0-1	5,6552	1,9

Priloga 11: Rezultati ugotavljanja izgube mase vzorca pri beli hišni gobi

Poria vaillantii				Izguba mase [%]
Po okužbi	[g]	Pred okužbo	[g]	
K-9	5,3442	K-9	5,5810	4,2
K-6	5,0979	K-6	5,0918	-0,1
K-7	4,0076	K-7	4,7921	16,4
K-1	4,4137	K-1	5,0843	13,2
K-18	4,8698	K-18	4,8454	-0,5
K-4	3,3768	K-4	4,8963	31,0
K-8	3,6214	K-8	4,8348	25,1
K-15	4,48	K-15	4,7977	6,6
K-2	3,9134	K-2	4,9285	20,6
K3	4,7701	K3	4,7766	0,1
N0-17	5,5852	N0-17	5,7018	2,0
N0-12	5,4067	N0-12	5,4751	1,2
N0-2	5,4489	N0-2	5,5253	1,4
N0-5	5,5044	N0-5	5,5947	1,6
N0-15	5,5646	N0-15	5,5195	-0,8
N0-4	5,5219	N0-4	5,5726	0,9
N0-21	5,4962	N0-21	5,5589	1,1
T0-4	5,3889	T0-4	5,5292	2,5
T0-15	5,4353	T0-15	5,5342	1,8
T0-2	5,3961	T0-2	5,4601	1,2

