

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože AVGUŠTINČIČ

**ODPORNOST LESA, PREMAZANEGA Z VODNIMI
EMULZIJAMI VOSKOV, PROTI GLIVAM
MODRIVKAM IN PLESNIM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože AVGUŠTINČIČ

**ODPORNOST LESA, PREMAZANEGA Z VODNIMI EMULZIJAMI VOSKOV,
PROTI GLIVAM MODRIVKAM IN PLESNIM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**RESISTANCE OF WOOD BRUSHED WITH WAX WATER EMULSIONS
AGAINST BLUE STAIN FUNGI**

Higher professional studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek dodiplomskega visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratorijih Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa, Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval doc. dr. Miha Humarja in za recenzenta prof. dr. Franca Pohlevna.

Mentor: doc. dr. Miha Humar

Recenzent: prof. dr. Franc Pohleven

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jože AVGUŠTINČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*841.1
KG	les/zaščita/vodne emulzije voskov/polietilenske/montanske/odpornost
AV	AVGUŠTINČIČ, Jože
SA	HUMAR, Miha (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	ODPORNOST LESA, PREMAZANEGA Z VODNIMI EMULZIJAMI VOSKOV, PROTI GLIVAM MODRIVKAM IN PLESNIM
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XII, 64 str., 23 pregl., 30 sl., 35 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Z zaščito lesa želimo čimbolj podaljšati življenjsko dobo lesa. V današnjem času so še posebno pomembne nebiocidne zaščite; ena od možnosti je zaščita z vodnimi emulzijami voskov. Trajnost in izgled lesa močno poslabšajo glive modrivke in plesni. Da bi ugotovili učinkovitost vodnih emulzij voskov proti glivam modrivkam in plesnim, smo z vodnimi emulzijami montanskega polietilenskega ter oksidiranega polietilenskega voska premazali vzorce borove beljave in preverili delovanje v skladu s standardom SIST EN 152-1. V posameznih primerih smo vodnim emulzijam voskov dodali še borovo kislino. Ugotovili smo, da vzorci, zaščiteni z vodnimi emulzijami voskov, niso bistveno zaščitili lesa pred modrenjem in plesnenjem. Z dodajanjem borovih učinkovin vodnim emulzijam smo odpornost zaščitene lesa proti glivam modrivkam močno izboljšali.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*841.1

CX wood/preservation/water emulsions/montan wax/polyethylene wax/resistance

AU AVGUŠTINČIČ, Jože

AA HUMAR, Miha (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 RESISTANCE OF WOOD BRUSHED WITH WAX WATER EMULSIONS
AGAINST BLUE STAIN FUNGI

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO XII, 64 p., 23 tab., 30 fig., 35 ref.

LA sl

AL sl/en

AB To prolong service life of wood its protection is applied. Importance of non-biocidal solutions used to protect wood is increasing nowadays. One of the options for such protection is utilization of wax emulsions. Among various factors influencing service life and aesthetic aspects of wood are blue stain fungi and moulds. To elucidate influence of various wax emulsions on blue stains and moulds, pine sapwood specimens were brushed with various emulsions of montan, polyethylene and oxidized polyethylene waxes. Experiment was performed according to EN 152-1 procedure. To achieve a better effect, aqueous emulsions of waxes were supplemented with boric acid. The results showed that wax treatment did not improve resistance of pine wood against staining fungi. However, addition of boron to wax emulsions significantly decreases staining.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	IX
Kazalo slik	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJ RAZISKOVANJA	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 SPLOŠNO	3
2.1.1 Les	3
2.1.2 Naravna odpornost in trajnost lesa	4
2.2 UPORABLJENA DREVESNA VRSTA	4
2.2.1 Rdeči bor (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	4
2.3 GLIVE	6
2.3.1 Splošno	6
2.3.2 Glive modrivke	8
2.3.3 Glive plesni	11
2.3.3.1 Plesni, ki povzročajo črno obarvanje	12
2.3.3.2 Plesni, ki povzročajo modro obarvanje	12
2.3.3.3 Plesni, ki povzročajo rjavo obarvanje	12
2.3.3.4 Plesni, ki povzročajo rdeče obarvanje	13
2.3.3.5 Plesni, ki povzročajo zeleno rumeno obarvanje	13
2.4 ZAŠČITA LESA	13
2.4.1 Zgodovina zaščite lesa	13
2.4.2 EU zakonodaja v zaščiti lesa	14
2.4.3 Zaščita lesa	15
2.4.4 Ukrepi zaščite lesa	16
2.4.5 Zaščitna sredstva	18

2.4.5.1	Anorganska kemična zaščitna sredstva	18
2.4.5.2	Organska kemična zaščitna sredstva	18
2.4.5.3	Borove spojine za zaščito lesa	19
2.4.6	Hidrofobne snovi za zaščito lesa	20
2.4.6.1	Voski	20
2.4.6.1.1	Čebelji vosek	22
2.4.6.1.2	Karnauba vosek	22
2.4.6.1.3	Montanski vosek	23
2.4.6.1.4	Šelakov vosek	23
2.4.6.1.5	Parafinski vosek	24
2.4.6.1.6	Sintetični voski	24
3	MATERJALI IN METODE	25
3.1	MATERJALI	25
3.1.1	Uporabljen les	25
3.1.1.1	Beljava rdečega bora	25
3.1.2	Uporabljene lesne glive	25
3.1.2.1	Glive modrivke	25
3.1.2.2	Plesni	25
3.1.3	Uporabljene kemikalije	26
3.2	METODE DELA	26
3.2.1	Standardna metoda SIST EN 152-1	26
3.2.2	Priprava vzorcev	27
3.2.3	Priprava vodnih emulzij voskov	27
3.2.4	Označevanje vzorcev	30
3.2.5	Nanos zaščitnih pripravkov	31
3.2.6	Priprava gojišča za glive in inkulacija gliv	31
3.2.7	Okužba oziroma izpostavitve vzorcev glivam	32
4	REZULTATI	34
4.1	DOLOČANJE POMODRELOSTI PO STANDARDNI METODI SIST EN 152-1	34
4.1.1	Barvne spremembe kontrolnih vzorcev (Kont.) po izpostavitvi glivam	35

4.1.2	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (LGE A) po izpostavitvi glivam.....	36
4.1.3	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (LGE B) po izpostavitvi glivam.....	37
4.1.4	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (MW A) po izpostavitvi glivam	38
4.1.5	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (MW B) po izpostavitvi glivam.....	39
4.1.6	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska (WE 1 A) po izpostavitvi glivam ...	40
4.1.7	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska (WE 1 B) po izpostavitvi glivam ...	41
4.1.8	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo etilenskega kopolimernega voska (WE 3 A) po izpostavitvi glivam.....	42
4.1.9	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo etilenskega kopolimernega voska (WE 3 B) po izpostavitvi glivam	43
4.1.10	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska (WE 6 A) po izpostavitvi glivam ...	44
4.1.11	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska (WE 6 B) po izpostavitvi glivam ...	45
4.1.12	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno raztopino borove kisline (B) na glive modrivke in plesni (cB = 0,1 %).....	46
4.1.13	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno raztopino borove kisline (B) na glive modrivke in plesni (cB = 0,5 %).....	48
4.1.14	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska in borovo kislino (cB = 0,1 %) (LGE A B 0,1) po izpostavitvi glivam	49
4.1.15	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska in borovo kislino (cB = 0,5 %) (LGE A B 0,5) po izpostavitvi glivam	50

4.1.16	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino (cB = 0,1 %) (WE 1 A B 0,1) po izpostavitvi glivam	52
4.1.17	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino (cB = 0,5 %) (WE 1 A B 0,5) po izpostavitvi glivam	53
4.1.18	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino (cB = 0,1 %) (WE 6 A B 0,1) po izpostavitvi glivam	54
4.1.19	Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino (cB = 0,5 %) (WE 6 A B 0,5) po izpostavitvi glivam	55
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	56
5.1	RAZPRAVA	56
5.2	SKLEPI	59
6	POVZETEK	60
7	VIRI	61
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Uporabnost posameznih biocidov v različnih razredih izpostavitve in kombinacije biocidov, ki se uporabljajo v komercialnih pripravkih za zaščito lesa.....	19
Preglednica 2: Relevantne lastnosti uporabljenih emulzij voskov	28
Preglednica 3: Označevanje lesnih vzorcev	30
Preglednica 4: Ocene pomodrelosti površine (SIST EN 152-1)	33
Preglednica 5: Obarvanost kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim	35
Preglednica 6: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	36
Preglednica 7: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	37
Preglednica 8: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo MW A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	38
Preglednica 9: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo MW B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	39
Preglednica 10: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	40
Preglednica 11: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	41
Preglednica 12: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 3 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	42
Preglednica 13: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 3 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	43
Preglednica 14: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	44
Preglednica 15: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	45
Preglednica 16: Obarvanost vzorcev premazanih z premazom B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	47

Preglednica 17:	Obarvanost vzorcev premazanih z premazom B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	48
Preglednica 18:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	49
Preglednica 19:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	51
Preglednica 20:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	52
Preglednica 21:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	53
Preglednica 22:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	54
Preglednica 23:	Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim.....	55

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Iglice Rdečega bora (Wikipedija, Scots pine. 2009)	5
Slika 2: Značilna okužba gliv modrivk na beljavi iglavcev.....	10
Slika 3: Okužba smrekovine z različnimi plesnimi	12
Slika 4: Shema postopkov zaščite lesa (prirejeno po Kervina-Hamović, 1990).....	16
Slika 5: Razvrstitev voskov (Wolfmeier, 2003; SpecialChem, 2008; Lesar s sod., 2009)	21
Slika 6: Pripravljen vzorec za test z metodo SIST EN 152-1 (levo) ter sušenje vzorcev (desno)	27
Slika 7: Nanos testnih sredstev na vzorce.....	31
Slika 8: Ohlajanje gojišča v brez prašni komori (levo) in stresanje gliv v stresalniku (desno)	32
Slika 9: Izpostavitve vzorcev v brez prašni komori (levo) in Kollijeve steklenice z vzorci v rasni komori (desno).....	33
Slika 10: Kontrolni preizkušanci izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2.....	35
Slika 11: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A in izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	36
Slika 12: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	37
Slika 13: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo MW A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	38
Slika 14: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo MW B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	39
Slika 15: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	40
Slika 16: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	41
Slika 17: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 3 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	42
Slika 18: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 3 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	43

Slika 19:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	44
Slika 20:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	45
Slika 21:	Preizkušanci zaščiteni z raztopino B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	47
Slika 22:	Preizkušanci zaščiteni z raztopino B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	48
Slika 23:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	49
Slika 24:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	51
Slika 25:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	52
Slika 26:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	53
Slika 27:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	54
Slika 28:	Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2	55
Slika 29:	Primerjava povprečnih ocen diskoloracije vzorcev, zaščiteneh z različnimi koncentracijami uporabljenih emulzij voskov brez dodanega bora po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim (okrajšave so razvidne iz preglednice 3)	57
Slika 30:	Primerjava povprečnih ocen diskoloracije vzorcev, zaščiteneh z različnimi koncentracijami uporabljenih emulzij voskov z dodanima 0,1 in 0,5 % koncentracijama vodne raztopine bora po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim (okrajšave so razvidne iz preglednice 3)	58

1 UVOD

Les je bil med prvimi materiali, ki so ga naši predniki uporabljali za konstrukcijske namene. V številnih predelih sveta je še danes najpomembnejši gradbeni material, ki ga uporabljamo tudi za notranje in stavbno pohištvo. Prednost lesa pred drugimi materiali se kaže v njegovi obnovljivosti, biološki razgradljivosti, možnostih reciklaže ter blaženju učinka tople grede zaradi vezave in skladiščenja ogljika. Poleg tega je les tudi z vidika predelave in obdelave energijsko manj potraten material kot konkurenčni materiali (jeklo, beton, aluminijeve ziltine...). Pomembna hiba lesa je omejena trajnost, ki se pri nekaterih lesovih in mestih uporabe odraža bolj, spet pri drugih pa manj izrazito.

S kemično zaščito lahko trajnost neodpornega lesa učinkovito podaljšamo. Dejstvo pa je, da zaradi zmanjševanja onesnaževanja okolja, kemične rešitve vedno bolj nadomeščajo ne-kemični ukrepi. Kemična sredstva oziroma biocide uporabimo le kadar ne-kemična sredstva in konstrukcijska oblika zaščite ne dosega želenih rezultatov.

Okolju in zdravju nevarnim biocidom se lahko izognemo tudi z uporabo okoljsko neoporečnih voskov (montanski, karnauba, čebelji, sintetični...). Te voske lahko uporabljamo v raztaljeni obliki, še pogosteje pa jih uporabljamo v obliki emulzij voskov. Voski se že od nekdaj uporabljajo za površinsko obdelavo, kot dodatek v površinskih premazih, sveče, kot vodo-odbojno sredstvo v ivernih ploščah, kozmetiko, polirne paste, itd. Voski so se v lesarstvu večinoma uporabljali le za izboljšanje videza obdelanih površin, med tem ko v literaturi ni zaslediti veliko podatkov o tem, kako vpliva obdelava lesa z vodnimi emulzijami na odpornost z vodnimi emulzijami voskov prepojenega lesa proti glivam modrivkam in plesnim.

Znano je, da voski sami po sebi nimajo biocidnih lastnosti. Z namenom izboljšati njihovo delovanje smo vodne emulzije voskov kombinirali z okoljsko sprejemljivim biocidom – borovo kislino. V tem primeru je še posebej zanimivo vprašanje ali bo dodatke borove kisline izboljšal ali celo poslabšal odpornost zaščenega lesa proti glivam modrivkam.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Za zaščito lesa se tradicionalno uporabljajo biocidni pripravki. Zaradi vedno večje okoljske zavesti je njihova uporaba v bivanjskem okolju vedno manj zaželena. Zato iščemo okolju in ljudem prijaznejše alternative za zaščito lesa. Eno od možnih rešitev za izboljšanje odpornosti lesa nam ponujajo vodne emulzije voskov. Najbolj znani so montanski in karnauba voski, ki tvorijo izredno tanek in obstojen film. Ti voski se že uporabljajo v avtomobilskih pralnicah in sadjarstvu. V diplomski nalogi pa želimo ugotoviti, ali vodne emulzije voskov lahko uporabimo tudi za zaščito lesa proti glivam modrivkam in glivam plesnim. Ker nismo prepričani ali bodo vodne emulzije dovolj učinkovite, bomo za izboljšanje učinkovitosti vodne emulzije voskov kombinirali z okoljsko sprejemljivim biocidom - borovo kislino.

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

Namen diplomske naloge je bil določiti odpornost beljave rdečega bora, premazane z vodnimi emulzijami voskov, na glive modrivke in plesni, ter določiti odpornost beljave rdečega bora premazanega z vodnimi emulzijami voskov z dodanimi borovimi biocidi na glive modrivke in plesni.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Pričakujemo, da bo impregnacija lesa z vodnimi emulzijami voskov zmanjšala obarvanja, ki ga povzročajo glive modrivke in plesni. Dodatek borovih učinkovin pa bo morda izboljšal učinkovitost pripravkov na osnovi vodnih emulzij voskov proti glivam modrivkam in plesnim.

2 PREGLED OBJAV

2.1 SPLOŠNO

2.1.1 Les

Les predstavlja glavni sestavni element dreves in grmov. Gozdovi so najpomembnejši vir lesa kot surovine. Zaradi svoje zgradbe in široke uporabnosti, les spada med najvažnejše surovine oziroma gradbene materiale. Poraba lesa tudi danes nenehno narašča, predvsem na račun velike porabe papirja in uporabe v energetske namene. Organski izvor lesa pa po drugi strani dopušča, da les lahko propade zaradi delovanja gliv, živali, vremenskih vplivov, ognja... Proces razgradnje lesa je v naravi nujen, saj je del naravnega kroženja snovi, v gospodarski rabi pa želimo te procese čim bolj upočasniti ali celo preprečiti. Zgradba lesa je zaradi različnih funkcij, ki jih ta opravlja v živih rastlinah, zelo pestra. Les je sestavljen iz različnih tkiv in celic. Kemično les sestoji iz celuloze, hemiceluloze oziroma polioz in lignina. Poleg tega vsebuje še specifične nizko molekularne organske ekstraktive in neorganske mineralne snovi, ki jih označujemo kot pepel (Pečenko 1987).

Prednosti lesa pred ostalimi materiali, so njegova razširjenost, občutljivost, vsestranska uporabnost, visoka trdnost glede na gostoto, relativno enostavno pridobivanje, toplotna izolativnost, protipotresna in protipožarna varnost ter relativno majhna poraba energije na enoto mase (Čufar, 2002).

Les je tkivo, sestavljeno iz celic, ki opravljajo skupno funkcijo. Nastaja v lesnih ali lesnatih rastlinah, drevesih ali grmih. Opravlja prevajanje vode, mehansko funkcijo ter prevajanje in skladiščenje hrane. Večina celic v lesu je mrtvih z izjemo parenhimskih celic beljave. Prevajanje vode in mehansko funkcijo tako opravljajo mrtve celice, prevajanje in skladiščenje hranljivih snovi pa žive celice (Čufar, 2002).

2.1.2 Naravna odpornost in trajnost lesa

Les ima svojo naravno odpornost, ki ga ščiti pred škodljivci. Naravna odpornost je pri posameznih drevesnih vrstah različna, razlikuje pa se tudi med pripadniki iste vrste. Pomembno je rastišče na katerem je drevo raslo, saj je odpornost odvisna od kemične in anatomske zgradbe lesa. Trajnost lesa je čas, v katerem les ohrani svoje naravne lastnosti. Odvisna je od naravne odpornosti ter mesta vgradnje oziroma načina uporabe. Pri uporabi lesnih izdelkov si prizadevamo za njihovo čim daljšo trajnost. Tako si zmanjšamo stroške vzdrževanja in menjave lesnega izdelka.

Les pa vseeno ogrožajo razkrojevalci, ki za svoj razkroj potrebujejo določene pogoje. Zato strmimo k temu, da les vgrajujemo na mesta, na katerih ti škodljivci nimajo pogojev za svoj razvoj. Vendar taka uporaba oziroma vgradnja ni vedno možna. Zato za zaščito uporabljamo metode, s katerimi les napravimo lesnim škodljivcem na takšen ali drugačen način nedostopen ali celo strupen (Richardson, 1993).

2.2 UPORABLJENA DREVESNA VRSTA

2.2.1 Rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.)

Rdeči bor uvrščamo v družino Pinaceae ali borovke in nadaljno v rod borov (*Pinus* L.). Rdeči bor ima strnjen areal v srednji, severni in vzhodni Evropi ter v osrednjem delu Sibirije. Ločena območja so še na Škotskem, v Franciji in Španiji na zahodu ter v republikah bivše Jugoslavije, Romuniji, severni Grčiji, Turčiji in na jugu Kavkaza. V Aziji raste še v severni Mandžuriji do Ohotskega morja.

Običajno zraste med 30 m do 40 m v višino in do 1 m v debelino. Krošnja je odvisna od rastišča in sklenjenosti sestoja. Na dobrih rastiščih in v gostem sestoju se oblikuje skromna krošnja s tankimi vejami, deblo je vitko in do zgornje četrtine brez vej. Če raste na samem, se mu razvije široka krošnja, podobna hrastovi, s kratkim, čokatim deblom in dolgimi, debelimi vejami. Na plitvih, suhih in kamnitih tleh na izpostavljenih, strmih pobočjih ima sploščeno, dežnikasto krošnjo. Skorja je v mladosti rumenkasto-rdeča in se lušči v drobnih

luskah. Takšna skorja se ohrani tudi pri starejših deblih v zgornjem delu, spodaj pa se razvije več centimetrov debela sivo-rjava skorja, ki je močno razbrazdana (slika 1) (Mlakar, 1990).

Rdeči bor cveti v maju in juniju. Moški cvetovi so žvepleno-rumene barve, 1 cm veliki in rastejo v skupinah na koncu letošnjih poganjkov. Ženski cvetovi se nahajajo v 0,5 cm velikih storžastih socvetjih na koncu letošnjih poganjkov. Socvetja so posamično ali v parih. Po oprašitvi storži do jeseni le neznatno zrastejo in se dokončno razvijejo šele drugo jesen oktobra. Veliki so 3 cm do 6 cm, z izrazito grbico na apofizi. Seme je drobno, od 3 mm do 4 mm dolgo. Kaljivost je od 70 % do 80 %. Semena kalijo 3 tedne do 4 tedne po setvi. V prvem letu zraste rastlinica od 5 cm do 10 cm, koreninica pa doseže vsaj trikratno dolžino. Rdeči bor štejemo med hitro rastoče domače iglavce (Mlakar, 1990).



Slika 1: Iglice Rdečega bora (Wikipedija, Scots pine. 2009)

Glede tal je rdeči bor najprilagodljivejša vrsta med iglavci. Raste na silikatnih (kisljih) in na apnenčastih ali dolomitnih (bazičnih) tleh. Uspeva na zelo suhih, kamnitih ali na precej svežih rastiščih. Je tipična celinska vrsta, na kar kaže tudi njen areal. Zaradi pomanjkanja padavin, velikih temperaturnih razlik in revnih tal je v velikem delu Evrazije brez prave

konkurence med drugimi drevesnimi vrstami. Na boljših rastiščih je manj uspešen ker potrebuje veliko svetlobe in ga zato izpodrivajo druge vrste, ki lažje prenašajo zasenčenost (Mlakar, 1990).

V Sloveniji raste rdeči bor v acidofilnih gozdovih na kislih tleh ter v bazofilnih na apnencu ter dolomitu. Acidofilni gozdovi so po površini večji in gospodarsko pomembnejši. Rastejo na rečnih naplavinah ob Savi in Dravi na Gorenjskem, Štajerskem in Koroškem. Nadalje dobimo večje ali manjše sestoje na permijskih peščenjaki in skrilavcih. To so rastišča, kjer poleg rdečega bora rastejo še graden, domači kostanj in smreka, v podrasti pa borovnica. Rdeči bor je tu v optimumu, medtem ko ostale vrste slabše uspevajo. Na bazifidnih rastiščih raste rdeči bor na skrajno neugodnih legah na apnencu in dolomitu, npr. v Polhograjskem hribovju (Mlakar, 1990).

2.3 GLIVE

2.3.1 Splošno

Izum mikroskopa v osemnajstem stoletju je omogočil preučevanje hif in spor ter s tem omogočil velik napredek na področju poznavanja gliv. V prvotni razdelitvi so bile glive postavljene v kraljestvo rastlin, leta 1969 pa je Whittaker uvrstil glive v samostojno kraljestvo živih bitij (Carile in Watkinson, 1994).

Glive najdemo v vseh ekosistemih: na kopnem, v vodi in v zraku. Glavne razlike, ki ločijo glive od rastlin so:

- so brez krolofila
- glavna skeletna snov celičnih sten je hitin
- zalogo hrane skladiščijo v obliki glikogena
- imajo heterotrofen način prehranjevanja.

Glive so iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela, ki sta običajno jasno ločena. Prehranjevalni (vegetativni) del sestavljajo zelo tanke niti (hife), ki nenehno rastejo in prodirajo v podlago (substrat), jo z encimi razkrajajo in črpajo iz nje hranljive snovi, ki jih potrebujejo za svojo rast. Preplet hif tvori podgobje ali micelij. Ko se podgobje oskrbi z

dovolj energije, se razvijejo trosnjaki (razmnoževalni del), ki jih pri večini višjih gliv imenujemo goba. Na trosnjaku se tvorijo trosi, ki se ob dozoritvi sprostijo v ozračje (Schmidt, 1994).

Osnovna taksonomija gliv izhaja iz njihovega razvojnega cikla in njihovih reprodukcijskih organov. Glive razvrščamo v pet razredov, za lesarje pa so pomembne naslednje tri sistematske skupine:

- *Ascomycotina* (zaprtotrosnice-spore so zaprte v asku)
- *Basidiomycotina* (prostotrosnice-spore se tvorijo prosto po bazidiju)
- *Deuteromycotina* (nepopolna gliva, pri katerih še ni znan spolni stadij)

Vsa živa bitja pri rasti potrebujejo določene pogoje za rast. Tako tudi glive potrebujejo ugodno klimo (vlaga, temperatura, zrak in svetlobo). Zelo pomemben je tudi substrat, ki ima primerni hranilno vrednost. Če so ti dejavniki optimalni, potem gliva z rastjo napreduje zelo hitro. V kolikor je samo eden izmed teh dejavnikov neustrezen, gliva upočasni svoj razvoj ali pa celo odmre. Znano je, da se glive ne razvijajo v določenih pogojih, kar upoštevamo pri naravnih zaščitnih ukrepih.

Lesne glive lahko delimo na podlagi številnih kriterijev. Najbolj se je uveljavila delitev, glede na spremembo barve lesa po okužbi. Glede na spremembe lesa ločimo naslednje skupine gliv:

- glive plesni, povzročiteljice površinskih sprememb barv,
- glive modrivke, povzročajo globinska obarvanja beljave,
- glive mehke trohnobe (soft rot),
- glive povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe,
- glive bele ali korozivne trohnobe in piravosti.

Od teh največjo škodo na lesu povzročajo glive bele in rjave trohnobe.

Najpomembnejše glive, razkrojevalke že vgrajenega lesa, so hišne gobe; bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), in kletna goba (*Coniophora puteana*). Na vgrajenem in lesu na prostem pa veliko škode naredijo tudi tramovke (*Gloeophyllum* sp.).

Glavne posledice razkroja lesa zaradi delovanja gliv so:

- zaradi encimske razgradnje lesa pride do razkroja olesenele celične stene,
- masa lesa se manjša, les postaja lažji,
- trdota, trdnost in kalorična vrednost lesa se zmanjšujejo,
- barva in vonj lesa se spremenita (Benko in sod., 1987).

2.3.2 Glive modrivke

Poznamo približno 400 različnih vrst gliv, ki povzročajo obarvanje oziroma modrenje lesa. Uvrščamo jih med zaprtotrošnice (Ascomycotina) in nepopolne glive (Fungi imperfekti). Modrivke povzročajo širok spekter barvnih sprememb, vse od svetlo sive, prek temno sivih, modrih, rjavih, zelenih do črnih odtenkov. Barva pomodrelega lesa je odvisna od strukture melamina in od strukture samega lesa (Benko, 1987).

Za zaprtotrošnice je značilno, da povzročajo obarvanje lesa (modrenje, plesni), nekatere pa celo piravost ter mehko trohnobo. V celici zaprtotrošnic je eno (micelij) ali dvoje jeder (plodišče). Tipična trosišča so apoteciji, periteciji in kleristokrapi, kjer se v askih razvijajo askospore, ki so spolnega izvora. Ponavadi jih je osem, lahko pa tudi štiri ali šestnajst. V trosovnici so poleg askov tudi nitasti, sterilni izrastki (parafize), ki pomagajo pri izmetavanju askospor. Večina zaprtotrošnic ne oblikuje le spolnih trosov, ampak tudi enega ali več tipov nespolnih plodišč (konidijev). Ta pojav imenujemo pleomorfizem. Pri zaprtotrošnicah je nespolna oblika razmnoževanja s konidiosporami navadno bolj razširjena kot spolna oblika razmnoževanja.

V skupino nepopolnih gliv (Fungi imperfekti) uvrščamo vse tiste vrste gliv pri katerih spolna struktura še ni znana. Te glive velikokrat povzročajo bolezni na rastlinah, živalih, človeku... Pripadnice nepopolnih gliv pogosto povzročajo površinska in globinska obarvanja, v nekaterih primerih celo mehko trohnobo.

Glive modrivke so zelo razširjene po svetu in tudi pri nas. Povzročajo površinske in globinske barvne spremembe ter jih najdemo tako v beljavi iglavcev kot tudi beljavi listavcev. Pogosteje obarvajo beljavo, čeprav jih pri nekaterih vrstah v kasnejših stopnjah

okužbe zelo redko najdemo tudi v jedrovini. Jedrovina ob poseku ne vsebuje več živih parenhimskih celic, zato v njej ni več enostavnih sladkorjev in škroba, ki nudijo glavno hrano glivam modrivkam (Benko, 1987).

Modrenje se ponavadi pojavi na posekanem lesu. Modrivke okužijo drevo le, kadar je fiziološko že oslabelo. Takrat se v beljavi zmanjša vlažnost in poveča delež zraka, kar ustvari ugodnejše razmere za razvoj teh gliv. V tem primeru mora biti skorja lesa nekje poškodovana, ker se modrivke razvijajo le, če troši padejo neposredno na beljavo. Trose teh gliv lahko v živo drevo занесеjo tudi razni insekti, ki napadajo svež les. To so predvsem insekti iz družine *Scolytiade* (podlubniki). Glive modrivke ne okužujejo le hlodovine in žaganega lesa. Najdemo jih tudi na sekancih (za izdelavo plošč in papirja), gradbenem in stavbnem lesu ter površinsko obdelanem lesu. Nekatere najdemo tudi na lesu, ki je v stiku z zemljo, redkeje pa na furnirju (Benko, 1987).

Pri okužbi mora tros pasti neposredno na beljavo, s čimer se omogočijo pogoji za razvoj mlade hife. Glive modrivke tvorijo veliko število, od 10^5 do 10^{10} trosov dnevno. Do okužbe lahko pride preko odprtih in razpok na skorji hlodovine oziroma stoječega drevesa. Transportni medij trosov lahko predstavljajo različni dejavniki. Trose lahko prenašajo veter, insekti (podlubniki), voda, živali ter orodje, s katerim les obdelujemo. Še posebej je nevarno, če na žagarskem obratu vzporedno razžagujemo okuženo in zdravo hlodovino.

Ko se glive že dovolj razrastejo, začnejo na površini lesa tvoriti trosišča. Zdi se, kakor da je taka površina posuta s sajami. Če pogledamo z lupo, se zdi kakor da je površina prekrita z laski, dolgimi od 1 mm do 2 mm (Benko, 1987).

Glive modrivke se razvijajo samo v beljavi (slika 2), kjer se hranijo predvsem z vsebino živih celic, torej protoplazmo. Prav to je tudi razlog, da glive modrivke načeloma ne vplivajo na zmanjšanje mehanske lastnosti lesa ampak poslabšajo samo estetske lastnosti lesa. Vprašanje pa je, kaj se zgodi z modrivkami, ko jim v lesu zmanjka enostavno dostopnih hranil. Ali glive odmrejo ali pa pričnejo razkrajati tudi celulozo ali hemicelulozo (Benko, 1987). Zadnji rezultati kažejo, da glive ne razkrajajo gradnikov celične stene (Vek, 2007)



Slika 2: Značilna okužba gliv modrivk na beljavi iglavcev

Kljub temu pa obstajajo tudi vrste gliv modrivk (*Ceratocystis picea* in *Aureobasidium pullulans*), ki v določenih pogojih povzročajo mehko trohno (soft rot), s čimer lahko vplivajo na poslabšanje nekaterih fizikalnih in kemijskih lastnosti (Eaton in Hale, 1993). V tem primeru naj bi prišlo do zmanjšanja dinamične trdnosti in udarne žilavosti. Manjše poslabšanje lahko pričakujemo tudi pri upogibni, natezni in tlačni trdnosti ter trdoti lesa. Zmanjšala naj bi se tudi gostota. Le ta naj bi se zmanjšala za toliko, kolikor škroba in drugih hranljivih snovi porabijo glive za razvoj in metabolizem (Benko, 1987).

Obarvan les je estetsko razvrednoten, tako da se lahko uporablja le tam, kjer to dovoljujejo standardi. V zadnjem času pa se v skandinavskih državah in Kanadi pojavlja trend uporabe pomodrelega lesa za pohištvo, talne obloge... Pomodrel les ima bistveno višjo ceno, kot neokužen les, tako da ga v nekaterih obratih že komercialno proizvajajo. Pomodrel les je komercialno dostopen pod imeni »denim pine« ali »denim wood« (Humar in Pohleven, 2005).

Pri nas so najpogostejše naslednje glive modrivke (Kervina-Hamović, 1990).

- *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud
- *Schlerophoma pityophila* (Corda) Höhn
- *Ceratocystis clavata* (Math.-Kärrik.) Hunt
- *Ceratocystis picea* (Münch) Bakshi
- *Ceratocystis ips* (Rumb.) C. Moreau
- *Ceratocystis coerulescens* (Münch) Bakshi
- *Ceratocystis pilifera* (Fr.) Moreau

Temperaturni interval, v katerem se razvijajo glive modrivke je zelo širok in zavzema vrednosti med 5 °C in 25 °C. Pod 3 °C oziroma nad 40 °C večina gliv modrivk preneha rasti in pogosto tudi odmre. Optimalna temperatura za razvoj gliv modrivk je med 22 °C in 25 °C. Modrivke se lahko razvijajo v lesu, ki vsebuje od 40 % do 160 % vode. Mejno vlažnost za uspešen razvoj gliv modrivk predstavlja 23 %, pod to vrednostjo se modrivke ne morejo razvijati (Benko, 1987).

2.3.3 Glive plesni

Glive plesni so razširjene po vsem svetu. Povečini so parazitske vrste, vendar pa je med njimi tudi veliko saprofitov, ki jih najdemo tudi na lesu in povzročajo na njem površinsko in globinsko obarvanje. Najdemo jih na lesnih skladiščih in sicer na hlodovini in tudi na žaganem lesu, na iverju, na lesu, ki je v stiku z zemljo, na gradbenem in stavbnem lesu. Na hlodovini jih najdemo pod lubjem ali na čelih, na žaganem lesu pa pretežno vzdolž beljave (Benko, 1987).

Nespolni razmnoževalni organi, ki jih z drugo besedo imenujemo konidiji, se razvijajo na miceliju oziroma posebnih podaljških (konidioforih). Vegetativni micelij je navadno brezbarven, medtem ko so spore in reprodukcijski micelij obarvan in zato povzročajo obarvanje lesa. Poleg tega nekatere glive izločajo še pigmente s katerimi obarvajo les (slika 3). Na površini lesa so plesni videti kot puhaste, belkaste, sivkaste, zelene, modro zelene, rumenkaste, rdečkaste, oranžne, roza, rjave do temno rjave, modre ali črne prevleke.



Slika 3: Okužba smrekovine z različnimi plesnimi

2.3.3.1 Plesni, ki povzročajo črno obarvanje

Črno obarvanje povzročajo navadne črne plesni, *Mucor spp.* in *Rhizopus spp.* Razvijajo se na hlodovini, lahko pa tudi v sušilnicah, če se les predolgo suši pri nižjih temperaturah in visoki relativni zračni vlažnosti. Pojavljajo se predvsem na površini hlodovine (čela, pod lubjem) ali žaganem lesu, predvsem pa na letvah za letvičenje, od koder pa se okužba lahko prenese tudi na žagan les (Benko, 1987).

2.3.3.2 Plesni, ki povzročajo modro obarvanje

Glive modro obarvanje povzročajo tako na lesu iglavcev kot tudi lesu listavcev. Povzročajo ga predvsem glive iz rodu, *Alternaria*, *Cladosporium*. (Benko, 1987).

2.3.3.3 Plesni, ki povzročajo rjavo obarvanje

Rjavo obarvanje najpogosteje povzročajo plesni iz roda *Alternaria*. Največkrat ga opazimo na beljavi borovine (Benko, 1987).

2.3.3.4 Plesni, ki povzročajo rdeče obarvanje

Rdeče obarvanje se pojavlja na lesu nekaterih iglavcev (bor) in listavcev (javor). Povzročajo ga nekatere glive iz rodu *Fusarium*. Na hrastu se rdeče obarvanje pojavi tudi v jedrovini in ga povzročajo nekatere glive iz rodu *Penicillium* (Benko, 1987).

2.3.3.5 Plesni, ki povzročajo zeleno rumeno obarvanje

Pojavljajo se na lesu listavcev (hrast, breza, javor) in tudi na lesu iglavcev (bor smreka). Povzročajo ga nekatere glive iz rodu *Glicoladium*, *Penicillium*, *Trichoderma*. (Benko, 1987).

2.4 ZAŠČITA LESA

2.4.1 Zgodovina zaščite lesa

Osnove zaščite lesa so postavili Kitajci in Egipčani, temu pa so sledile tudi vse kasnejše civilizacije. Zaščito lesa kot znanstveno vedo poznamo že dve stoletji. V novejši zgodovini je potrebno omeniti postopek potapljanja lesa v raztopino živosrebrovega klorida, ki ga je leta 1832 uvedel Kyan. Leta 1836 je Moll patentiral uporabo katranskega olja. Bethell-ov postopek impregniranja lesa s katranskim oljem pod pritiskom in Boucherie-jev postopek za zaščito svežega lesa, spadata med pomembnejše postopke v nadgradnji vede o zaščiti lesa. Leta 1850 so v prakso uvedli za takratne čase najzanesljivejše zaščitno sredstvo - kreozotno olje, ki je kompleksen produkt, pridobljen s suho destilacijo premoga. Pomembno je še leto 1907, ko je Wolman patentiral zaščitno sredstvo "multi sol" na osnovi več komponent. Leta 1933 je Kamesan odkril, odlično delovanje zaščitnega pripravka CCA (krom, baker, arzen) (Richardson, 1993).

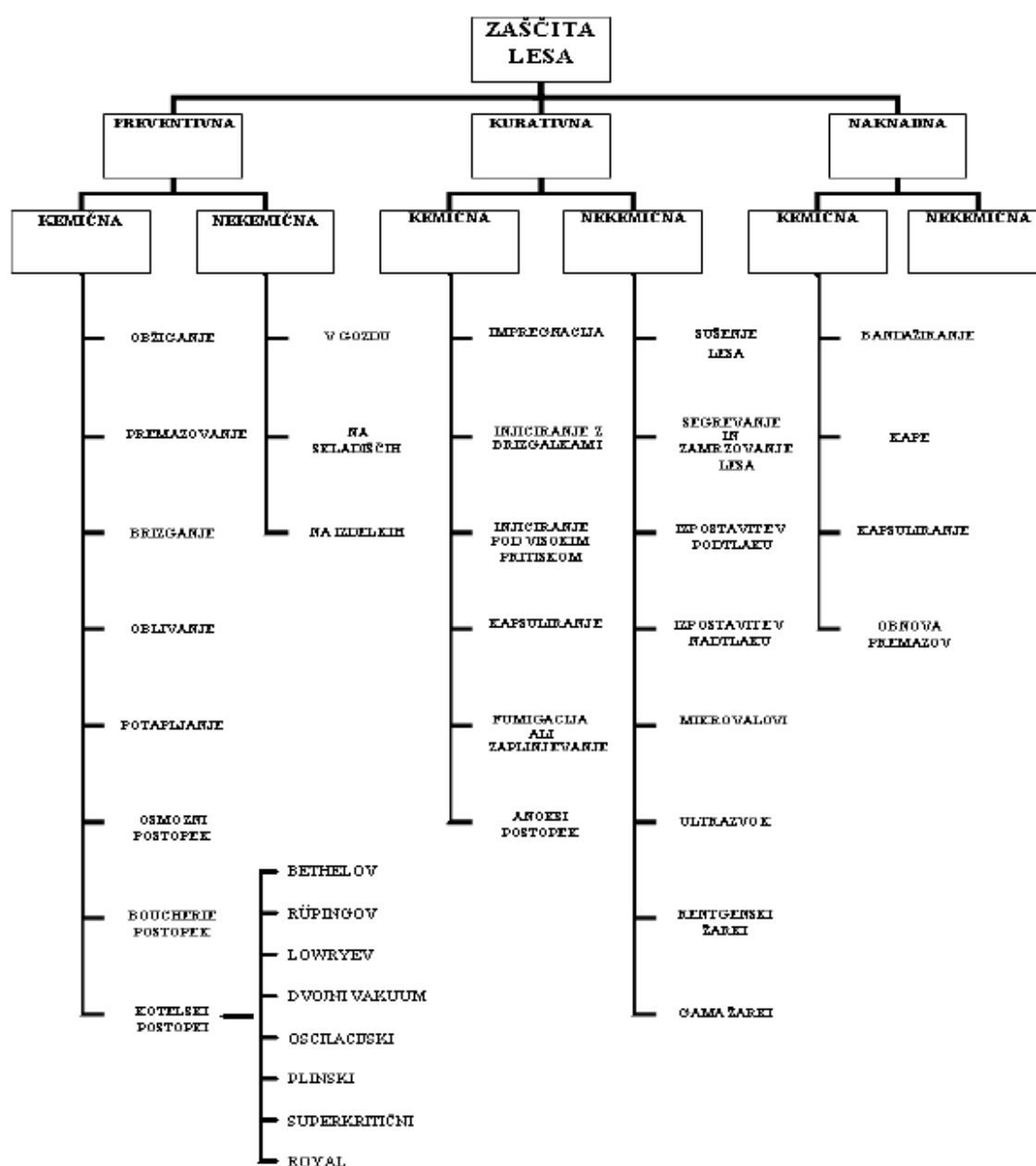
2.4.2 EU zakonodaja v zaščiti lesa

Področje zaščite lesa je pod vplivom številnih evropskih smernic in direktiv. Velik vpliv ima direktiva o biocidih (Biocidal Products Directive) (BPD 98/8/EC, 1998), ki uvršča biocide v 23 različnih tipov izdelkov. V osmem tipu izdelkov, ki pokriva zaščito lesa, direktiva definira aktivne učinkovine za zaščito lesa pred nezaželenim obarvanjem zaradi okužbe z glivami modrivkami in plesnimi, pred trohnenjem in delovanjem insektov. Po letu 2006, ko je direktiva implementirana z aneksom o biocidih pričela veljati, je na trgu dostopnih manj aktivnih učinkovin kot pred tem. Za zaščito lesa BPD dovoljuje uporabo le še 32 učinkovin. V primeru, da želimo registrirati novo aktivno učinkovino, je potrebno priložiti kompletno toksikološko in okoljsko dokumentacijo, kar predstavlja relativno velik strošek za proizvajalce učinkovin. V letu 2007 je ta strošek v povprečju znašal 4 milijone EUR. Pričakovati je, da bodo stroški registracije v prihodnjih letih še narasli. Poleg direktive o biocidih, je na področje zaščite lesa vplivala tudi direktiva o organskih topilih (Solvent Emission Directive 1999/13/EC), ki predpisuje največje dovoljene deleže topil v kubičnem metru zaščitnega pripravka. V primeru višjih vsebnosti topil je potrebno zagotoviti drag sistem za lovljenje par in reciklažo topil. Zaradi implementacije zahtev te direktive, je večino v vodi netopnih aktivnih učinkovin moč dobiti v obliki vodnih emulzij. V skladu z direktivo o sežiganju odpadkov (Incineration of Waste Directive 2000/76/EC) prosto sežiganje odsluženega zaščitnega lesa zaradi visoke vsebnosti težkih kovin, kromovih spojin, arzenovih spojin, klorovih spojin itd., ni dovoljeno. Tak les se trenutno odlaga na deponije, katerih je kapaciteta zelo omejena ali pa ga sežigamo v posebnih za to registriranih obratih. Države v EU so se zavezale v direktivi o odlaganju odpadkov (Landfill Directive 1999/31/EEC), da bodo omejile odlaganje biorazgradljivih odpadkov, še posebej tistega lesa, kjer, zaradi anaerobnega razkroja polioz, prihaja do tvorbe toplogrednega plina metana.

2.4.3 **Zaščita lesa**

Zaščita lesa je lesarska znanstveno veda, ki preučuje učinkovite in racionalne ukrepe za povečanje trajnosti lesa povsod tam, kjer se les nahaja, predeluje in uporablja (Kervina-Hamović, 1990). Je tipična interdisciplinarna biotehniška veda, kjer je potrebno poznati les, lesne škodljivce ter druge škodljive dejavnike, vedeti pa je potrebno tudi kemične in nekemične postopke in sredstva, ki omogočajo te postopke za zaščito lesa.

Z biocidnimi sredstvi želimo doseči čim bolj prepojit les in s tem učinkovito zaščititi les. Impregnacija je postopek, s katerim na tak ali drugačen način vnesemo v les impregnacijsko sredstvo, ki ga ščiti pred lesnimi škodljivci. S premazovanjem lahko zagotovimo le zaščito površine lesa saj sredstvo prodre le kakšen milimeter ali največ dva globoko v les, kar pa za učinkovito zaščito ni dovolj. S potapljanjem lesa v zaščitni pripravek (približno 30 min) lahko dosežemo bistveno boljšo penetracijo, toda najučinkovitejšo globino prodora lahko dosežemo le z vakuumsko-tlačnimi kotelskimi postopki, ki pa so zaradi stroškov opreme za marsikoga nesprejemljiva rešitev za impregnacijo lesa (slika 4).



Slika 4: Shema postopkov zaščite lesa (prirejeno po Kervina-Hamović, 1990)

2.4.4 Ukrepi zaščite lesa

Kemični ukrepi za zaščito lesa, so ukrepi umetnega konzerviranja lesa, s katerimi v les pred njegovo uporabo vnesemo potrebno količino kemičnih snovi, ki varujejo les pred škodljivimi dejavniki. Ker je les za številne lesne škodljivce bivališče in hrana, ga s

kemično zaščito zastrupimo, da postane za škodljivce strupen ali vsaj odbijajoč (Kervina-Hamović, 1990).

Ker lahko kemična zaščitna sredstva delujejo škodljivo na človeka in onesnažujejo okolje, si zadnja leta prizadevamo, da uporabljamo kemično zaščito le tam, kjer je to nujno potrebno in kjer lesa ne moremo zaščititi na drug, okolju prijaznejši način. K temu je pripomogla okoljska osveščenost z vedno ostrejšimi zahtevami in standardi, zaradi katerih kemična zaščitna sredstva zadnje čase doživljajo korenite spremembe in nove uveljavitve glede delitev (Pohleven in Petrič, 1992).

Dober zaščitni pripravek za zaščito lesa naj bi imel naslednje lastnosti (Kervina – Hamović, 1990; Humar, 2006):

- že v majhnih količinah toksično delovanje na lesne škodljivce, ne pa na ljudi, živali in okolje,
- je brez močnega vonja,
- globoko penetrira v les in se iz njega ne izpira,
- v les prodira v zadostnih količinah,
- se enakomerno porazdeli po lesu,
- prenese nadaljnjo površinsko obdelavo,
- ne poškoduje ali obarva kovin, stekla, keramike,
- ne zvišuje vnetljivosti lesa,
- ne razpada na škodljive razgradnje produkte,
- ima preprosto uporabo,
- se suši brez ostankov na površini,
- ima dolgotrajno delovanje,
- je biorazgradljiv,
- se ne kopiči v organizmih,
- dostopen je po taki ceni, da ekonomsko utemeljuje zaščito lesa.

Trajnost neodpornih vrst lesa lahko najbolj učinkovito podaljšamo s kemično zaščito. Toda škodljivost biocidov je vedno bolj pod drobnogledom, saj smo ljudje vedno bolj okoljsko

ozaveščeni o škodljivosti teh učinkovin. Biocide na splošno lahko delimo na tiste, ki vsebujejo anorganske in na tiste ki vsebujejo organske učinkovine.

2.4.5 **Zaščitna sredstva**

2.4.5.1 Anorganska kemična zaščitna sredstva

Prve vodotopne anorganske soli so že v 19. stoletju komercialno uporabljali kot impregnacijsko sredstvo. Samih anorganskih učinkovin se samostojno navadno ne uporablja, ampak se jih med seboj kombinira, saj vsako posamezno sredstvo nima vseh potrebnih toksičnih lastnosti (npr. insekticid, fungicid, vezivo). Novejših anorganskih sredstev, kot tudi organskih, se skoraj ne razvija več, saj je razvoj dolgotrajen in predvsem vedno dražji proces.

2.4.5.2 Organska kemična zaščitna sredstva

Kot najstarejše organsko zaščitno sredstvo uvrščamo katran, ki je produkt suhe destilacije lesa. Prav tako kot starejši katran tudi novejše kreozotno olje spada med najstarejša sredstva organske sestave. Kreozotno olje se uporablja še danes za impregnacijo železniških pragov, vendar bo njegova uporaba po vsej verjetnosti vedno bolj omejena, nekateri viri pa kažejo celo na to, da ga bodo v bližnji prihodnosti celo umaknili s trga. (<http://ec.europa.eu/environment/biocides/creosote.htm> Creosote Stakeholder Consultation, 2010).

V preteklosti so se za zaščito lesa uporabljale številne spojine, ki so bile bolj ali manj nevarne okolju. Številne med njimi so danes prepovedane. Aktivne komponente na trgu so prestale številna testiranja, tako da so okoljsko sprejemljivejše od klasičnih alternativ. Novejša organska zaščitna sredstva za les so sestavljena iz aktivnih učinkovin, ki so vse bolj usmerjena v ciljno rabo (preglednica 1) in se uporabljajo v točno določene namene.

Preglednica 1: Uporabnost posameznih biocidov v različnih razredih izpostavitve in kombinacije biocidov, ki se uporabljajo v komercialnih pripravkih za zaščito lesa

Biocid	Delovnje*	Razredi izpostavitve-uporaba	Kombinacije v komercialnih pripravkih
AAC	F,M,I	I-III (IV)**	samostojno ,Cu, B
Juvenilni-rastni hormoni	I	I-III	piretroidi
Triazoli	F	II-III (IV)**	Cu, IPBC
Izotiazolini	F,M	II-IV	triazoli, piretroidi
Peritroidi	I	I-III	triazoli, IPBC, juvenilni hormoni
IPBC	M (F)	II-III	triazoli, piretroidi
Sulfamidi	M	II-III	triazoli, piretroidi
Borove učinkovine	I,F	I-II (III - IV)**	samostojno, AAC, Cu
Bakrove učinkovine	F	II-V	B, triazoli, AAC
* F – fungicidno delovanje proti glivam razkrojevalkam , I – insekticid, M – fungicidno delovanje proti glivam modrivkam			
** Izjemoma v kombinaciji z bakrovimi učinkovinami			

2.4.5.3 Borove spojine za zaščito lesa

Borove spojine so ene izmed najstarejših aktivnih učinkovin, ki se še vedno uporabljajo za zaščito lesa. Njihova uporaba je dovoljena tudi po uvedbi direktive o biocidih (Biocidal Products Directive) (BPD 98/8EC; Humar, 2004). Glavne lastnosti borovih spojin so širok spekter delovanja proti insektom in glivam, dobra difuzivnost, ki omogoča kakovostno prepojitvev slabo permeabilnih lesnih vrst in nizka toksičnost za ljudi in okolje. Akutna toksičnost (LD50) borove kisline in boraksa za sesalce je podobna strupenosti kuhinjske soli (NaCl) (Lloyd 1998). Poleg že navedenega pa imajo borove spojine tudi zaviralni učinek na gorenje, kar je še posebej pomembno za konstrukcijski les (Richardson 1993).

Borove spojine že pri nizkih koncentracijah delujejo kot učinkovit fungicid in insekticid. Poznano in dobro raziskano je delovanje bora proti glivam, insektom in tudi termitom. Po do sedaj znanih podatkih nobena gliva razkrojevalka ni tolerantna na borove spojine in ne more razkrajati z borovimi pripravki zaščenega lesa (Findlay, 1956; Jonge, 1987; Dickinson in Murphy, 1989). Delovanje borovih spojin se uspešno kaže tudi v delovanju proti glivam modrivkam in plesnim.

Uporaba borovih spojin kot sredstev za zaščito lesa je omejena zaradi slabe fiksacije bora v lesu in naravne topnosti v vodi. Posledica je intenzivno izpiranja bora iz lesa. Zato se borove spojine uporabljajo samostojno le za prvi in drugi razred izpostavitve, kjer ni nevarnosti močenja in izpiranja. Pomembno je upoštevati, da bor v že impregniranem lesu ni trdno fiksiran ampak zaradi vlage difundira iz mesta višje koncentracije na mesta z nižjo (Lloyd, 1998).

Ena izmed možnosti za zmanjšanje izpiranja bora je uporaba okolju prijaznih hidrofbnih sredstev (Peylo in Willeitner, 1995). Hidrofobna sredstva v celičnih lumnih ne vplivajo na zmanjšanje izpiranja bora, zato morajo biti molekule hidrofbnih sredstev tako majhne, da lahko prodrejo v celično steno (Peylo in Willeitner, 1995).

2.4.6 Hidrofobne snovi za zaščito lesa

V zadnjem času vedno bolj pridobiva na pomenu tudi konstrukcijska in nebiocidna zaščita lesa. Z različnimi ukrepi želimo les napraviti bolj vodoodbojen, manj higroskopen oziroma želimo spremeniti njegovo kemijsko strukturo tako, da ga insekti in glive ne bodo več prepoznali kot možen vir hrane. Vodoodbojnost najlažje dosežemo z impregnacijo z vodnimi emulzijami voskov (montanski, karnauba, čebelji...) ali olji (laneno, tungovo...) (Humar, 2008).

2.4.6.1 Voski

Po definiciji so voski estri nasičenih monohidroksi alkoholov in višjih nasičenih maščobnih kislin. Voski so v vodi netopni, raztapljajo pa se v različnih organskih topilih, npr. v terpentinu in bencinu, nekateri tudi v alkoholih (Petrič, 2007).

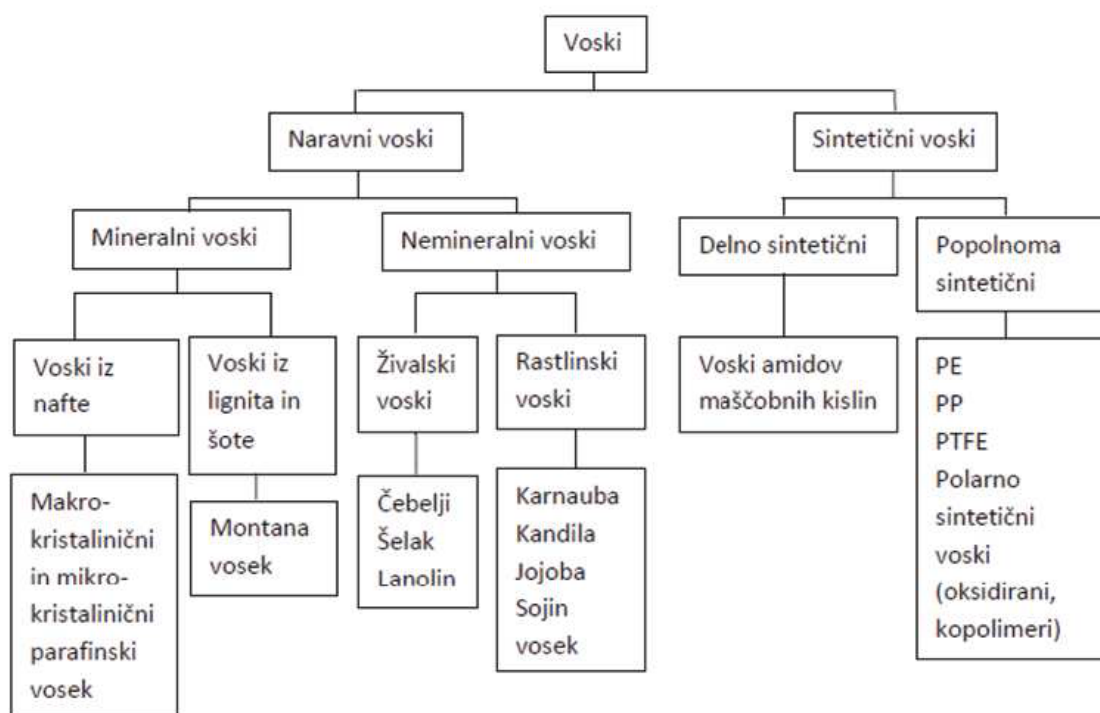
Najpomembnejše lastnosti voskov:

- pri 20 °C so gnetljiva do lomljiva trda snov
- nad 40 °C se talijo, ne da bi se pri tem razgradili
- nad tališčem imajo sorazmerno visoko viskoznost
- se dajo polirati pod rahlim pritiskom

- gostota in topnost odvisni od temperature
- gorijo s sajastim plamenom
- so toplotni in električni izolatorji

Voski so v naravi izredno razširjeni, saj jih izloča skoraj vsaka rastlina in žival, z namenom, da zaščiti svoj organizem pred soncem in vlago. Naravne voske, ki so nastali v zgodnjih geoloških periodah, so nam znani kot fosilni voski petrolejni, lignitni (montanski voski) (slika 5). Poznamo pa tudi naravne nefosilne voske, ki jih izločajo rastline (carnauba palme) in živali (čebele, ovce).

Sintetične voske so iznašli šele v 20. stol.. Njihove glavne surovine so nizko molarne spojine pridobljene iz naftnih derivatov ali zemeljskega plina. Ker so cenejši in imajo lastnosti, ki so prilagojene specifičnim uporabam, zelo hitro prodirajo na trg. Drugo ime, ki ga zasledimo v literaturi za sintetične oziroma parafinske voske je tudi Fischer-Tropsch.



Slika 5: Razvrstitev voskov (Wolfmeier, 2003; SpecialChem, 2008; Lesar s sod., 2009)

2.4.6.1.1 Čebelji vosek

Za površinsko obdelavo lesa je največkrat uporabljen naravni vosek. Snov čebelji vosek je rumenkaste do rdečkasto-rjave barve, kar je predvsem odvisno od čebelje paše. S čiščenjem in beljenjem pa je mogoče dobiti tudi čebelji vosek bele barve. Značilnosti čebeljega voska so, da se tali pri temperaturi približno 60 °C in je v vodi praktično netopen. Topen je v toplem etanolu, ogljikovem tetrakloridu, kloroformu, etru ter mnogih drugih organskih topilih. Uporablja se lahko v trdni obliki, kakor tudi v obliki paste ali tekočega pripravka.

Čebelji vosek je primeren za zaščito majhnih predmetov oz. majhnih lesenih površin, ki ne vsebujejo večjih napak. Do določene mere omejuje delovanje insektov in gliv. Učinek čebeljega voska je večji v kombinaciji z rastlinskimi smolami (kolofonija). Njihova uporaba je preprosta, vosek ostane stabilen tudi v daljšem časovnem obdobju. Če je tako zaščiten les izpostavljen povišani temperaturi ali sončni svetlobi, postane njegova površina lepljiva in začne privlačiti prah (Petrič, 2007). V praksi zato čebelji vosek pogosto modificirajo in mu na ta način zvišajo tališče.

2.4.6.1.2 Karnauba vosek

Je rastlinskega izvora in ga pridobivajo z listov palme *Copernicia cerifera*, ki raste v Braziliji. Vosek služi kot zaščita listov pred ekstremnimi klimatskimi pogoji, je brez vonja in okusa, stabilen in nestrupen. Barva (zlato rumen do črn) je odvisna od čistosti in kvalitete voska ter starosti listov (Foncepi, 2008).

Je najtrši vosek, s tem pa je tudi povezano visoko tališče pri 80 °C do 86 °C. Med naravnimi voski, daje pri poliranju gladko, sijajno in trdo površino. Velikokrat se ga dodaja drugim voskom kot dodatek za izboljšanje trdote, zvišanje točke tališča, povečanje sijaja ali zmanjšanje lepljivosti. Topljiv je v nepolarnih topilih, kjer se ga uporablja kot samostojnega v trdi obliki, v obliki past ali emulzij.

2.4.6.1.3 Montanski vosek

Surovi montanski vosek je rastlinskega izvora. Ta vosek dobimo iz fosilnih ostankov rastlin, ki jih najdemo v lignitih. Najdemo jih v Nemčiji na območju reke Elbe. Manjše količine montanskih voskov slabše kvalitete pa najdemo tudi na območju Avstralije, Nove Zelandije, Češke, Slovaške, Rusije, Kitajske, in Velike Britanije. V Nemčiji so ugotovili, da so bile pred 30 do 40 milijoni leti tipične rastlinske vrste močvirske ciprese (*Sigillaria* in *Lepidodendron*) in ostali iglavci. V fosilnih ostankih subtropskega pasu so našli tudi prazgodovinske palme, kot tudi lovor, cimet, kafro... V kolikor je lignit nastal iz teh rastlin, v njem najdemo tudi montanske voske. Montanske voske uporabljamo že več kot 100 let. Prva komercialna proizvodnja montanskega voska se je začela v Nemčiji leta 1900 (Lutz, 2001).

Montanski voski so večinoma estri dolgo-verižnih kislin in dolgo-verižnih alkoholov. Ostale komponente kot so ketoni, parafini, terpeni, pa se pojavljajo v zelo majhnih količinah. Vosek je topen v številnih organskih topilih, še posebno v aromatskih in kloriranih ogljikovodikih, celo pri nizkih temperaturah (Heindrichs, 2003). Tališče voska je pri temperaturi med 82 °C in 95 °C. Uporablja se kot polnovreden nadomestek za karnauba vosek. Poleg lesarstva se montanski vosek uporablja še za polirne paste za avtomobile, čevlje, električne izolacije in maziva v proizvodnji plastike ter papirni industriji (Cyberlipid, 2008; Lesar in sod., 2009).

2.4.6.1.4 Šelakov vosek

Šelak vsebuje le okrog 5 % voska. Šelakov vosek pridobivamo z raztapljanjem šelaka v vodni raztopini sode. Vosek je trd, rumene do rjave barve. Glavna sestavina voska so estri maščobnih kislin (Cyberlipid, 2008). Topen je v alkoholu in vsebuje 72 % do 83 % snovi, ki se ne dajo umiliti (Lesar in sod., 2009). Uporablja se v proizvodnji lakov in politur in kot zamenjava za karnauba vosek (Cyberlipid, 2008).

2.4.6.1.5 Parafinski vosek

Kot že omenjeno, parafinski vosek kemijsko ne sodi med voske, vendar ga v to skupino snovi uvrščamo zaradi njegovih fizikalnih lastnosti (Lesar in sod., 2009). Tališče ima pri 48 °C do 66 °C. Je brezbarven ter brez vonja. Nerazvejane alkanske verige so glavne sestavine parafinskega voska. Uporablja se kot dodatek pri proizvodnji vodoodpornih ivernih plošč, kot dodatek v mešanicah z drugimi voski, smolami, pri proizvodnji barv in premazov za izboljšanje hidrofobnosti. Uporabljajo ga v trdnem stanju ali v obliki emulzij.

2.4.6.1.6 Sintetični voski

Glavna sestavina sintetičnih voskov je najpogostejše etilen. Med sintetične voske prištevamo polietilenske (PE), polietilenske voske visoke gostote (HDPE), polipropilenske (PP), kopolimerne etilenske in politetrafluoroetilenske voske (PTFE). V primerjavi z naravnimi voski imajo sintetični voski večjo uporabnost ter konstantno kakovost. Kot velika prednost pred naravnimi je tudi nižja cena. Zaradi navedenih lastnosti sintetični voski velikokrat zamenjujejo naravne, na primer karnauba in montana vosek. Sintetični voski so brezbarvni, beli do prozorni in tvorijo čisto talino. Pri segrevanju so topni v nepolarnih topilih (alifatskih, aromatskih in kloriranih ogljikovodikih), pri ohlajanju pa jih večina kristalizira v zelo fine delce. Točka tališča sintetičnih voskov je odvisna od vrste voska, lahko pa doseže tudi 130 °C ali več (Lesar in sod., 2009).

Nekateri sintetični voski, predvsem polietilenski, do določene stopnje zavirajo tudi razkrojne procese impregniranega lesa. Les, impregniran z vodno emulzijo polietilenskega voska, je dobro zaščiten pred delovanjem tramovke, sive hišne gobe, pisane ploskocevke in ostrigarja. Nekoliko manj učinkovito pa je ščitil les pred ogljeno kroglico. Ti podatki nakazujejo možnost uporabe voskov v zaščiti lesa (Lesar in sod., 2009).

3 MATERJALI IN METODE

3.1 MATERJALI

3.1.1 Uporabljen les

3.1.1.1 Beljava rdečega bora

Za vzorce smo uporabili beljavo rdečega bora (*Pinus sylvestris* L). Standard predpisuje les brez grč in razpok. Pri izbiri vzorcev smo upoštevali pravilno orientiranost lesnih vlaken oziroma branik. Deske so bile klimatizirane in osušene na primerno lesno vlažnost.

3.1.2 Uporabljene lesne glive

3.1.2.1 Glive modrivke

Pri raziskavi smo uporabili naslednji lesni glivi modrivki:

- *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud (ZIM L060)
- *Schlerophoma pityophila* (Corda) Höhn (ZIM L070)

3.1.2.2 Plesni

Pri raziskavi smo uporabili naslednje glive plesni:

- *Fusarium solani* (Mart.) Sacc (ZIM L090)
- *Gliocladium viride* Mart. (ZIM L093)
- *Penicillium expyllum* Link ex S.F. Gray (ZIM L094)
- *Penicillium janthinellum* Biourge (ZIM L095)

Glive modrivke in plesni smo dobili iz zbirke lesnih gliv delovne skupine za patologijo in zaščito lesa (Raspor in sod., 1995) .

3.1.3 Uporabljene kemikalije

Za potrebe preizkusa osemnajstih različnih kombinacij, smo uporabili pet vodnih emulzij voskov, borovo kislino in destilirano vodo. Emulzijo LGE smo dobili v podjetju SAMSON Kamnik, medtem ko ostale emulzije proizvaja podjetje BASF iz Nemčije (preglednica 2).

Za pripravo gojišča gliv smo uporabili koncentrirani sladni ekstrakt, citronsko kislino monohidrata in raztopini 1 M NaOH ter 0,1 M HCl.

Za zaščito čel vzorcev, pred vdorom gliv modrivk in plesni, smo uporabili epoksidni premaz Epolor proizvajalca Color Medvode.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Standardna metoda SIST EN 152-1

Standard SIST-EN 152-1 (1996) opisuje laboratorijsko metodo za ugotavljanje preventivnih varovalnih učinkov biocidnih sredstev proti glivam modrivkam. Namenjen je za testiranje zaščitnih sredstev in ne površinskih premazov.

Poskus poteka v laboratoriju z določeno klimo. To je temperatura 20 ± 3 °C in relativna zračna vlažnost 65 ± 4 %. Standardni vzorec iz beljave je velikosti 90 mm × 40 mm × 10 mm. Letnice na preseku morajo potekati približno pod kotom 45 °, na 1 cm pa je lahko 2,5 do 8 branik. Vzorec ima na sredini spodnje strani 2 mm širok in 4 mm globok utor. Zgornja testna površina ima zaokrožene robove. Polmer zaokrožitve je 2 mm. Površina je premazana s testnim premazom do konca radija, čela pa so zaščitena z nepropustnim premazom (Epolor, Color), ki preprečuje prodiranje gliv s čelne strani. Vzorci se v testne posode (Kolleyeve steklenice) postavijo s testno površino navzgor oziroma z utorom navzdol, nato pa se dolije 15 mL suspenzije spor gliv modrivk, pripravljenih v skladu s standardno metodo SIST EN 152-1. zaprte steklenice se za šest tednov položijo v rastno komoro. V tem času hife prodirajo po lesu do premaza. Na koncu poskusa se testne površine vizualno ocenili (preglednica 4).

Po ocenjevanju se vzorci prerežejo, da se lahko oceni tudi globina obarvanja.

3.2.2 Priprava vzorcev

Za izvedbo poizkusa smo potrebovali 190 vzorcev. Zaradi zahtev standarda SIST EN 152-1, po pravilni orientiranosti branik, smo pripravili nekoliko več vzorcev. Iz beljave plovov rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), smo našagali letvice in jih poravnali na ustrezno širino in debelino. Nato smo jih kalibrirali, jim zaokrožili robove in jih razžagali na ustrezne dimenzije. Na koncu smo na sredini vzorcev zarezali še prečni utor, do polovice debeline vzorca (slika 6). Po izbiri 200 vzorcev smo vzorce vstavili v laboratorijski sušilnik KAMBIČ in jih osušili na vlažnost okoli 7 %. Suhim vzorcem smo čela zatesnili z epoksidnim premazom Epolor Color (slika 6).



Slika 6: Pripravljen vzorec za test z metodo SIST EN 152-1 (levo) ter sušenje vzorcev (desno)

3.2.3 Priprava vodnih emulzij voskov

Emulziji LGE in MW sta pripravljene iz montanskega voska, medtem ko so ostale emulzije (WE1, WE3, in WE6) pripravljene iz sintetičnih voskov, Relevantne lastnosti uporabljenih emulzij so predstavljene v preglednici 2.

Preglednica 2: Relevantne lastnosti uporabljenih emulzij voskov

Emulzija voska- okrajšava	WE 1	WE 3	WE 6	MW 1	LGE
Tip voska	oksidiran polietilenski vosek	etilenski kopolimerni vosek	oksidiran polietilenski vosek	montanski vosek	montanski vosek
Suha snov [%]	36,4	28,4	38,2	46,2	11,4
Vrednost pH, 23°C	9,9	9,7	8,9	4,6	5,5
Viskoznost (4 mm 23°C) ISO 2431 (s)	20-36	<85*	20-60	25	13
Gostota [g/cm³]	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00
Temperatura tališča [°C]	130-135	85	126-133	78	76-80
Povprečna velikost delcev [nm]	100	100	100	100	100

V preglednici 2 je navedenih pet emulzij različnih voskov, ki smo jih uporabili za ta test. Za vsako emulzijo smo pripravili po dve različni koncentraciji. Poleg tega smo trem vodnim emulzijam z različnimi koncentracijami, dodajali 0,1 % ali 0,5 % raztopino bora. Tako smo za preizkus po standardni metodi SIST EN 152-1 uporabili naslednjih osemnajst različnih testnih pripravkov:

- vodna emulzija montanskega voska (LGE) (c = 100 %)
- vodna emulzija montanskega voska (LGE) (c = 50 %)
- vodna emulzija montanskega voska (MW) (c = 50 %)
- vodna emulzija montanskega voska (MW) (c = 25 %)
- vodna emulzija oksidiranega polietilenskega voska (WE 1) (c = 50 %)
- vodna emulzija oksidiranega polietilenskega voska (WE 1) (c = 25 %)
- vodna emulzija etilenskega kopolimernega voska (WE 3) (c = 50 %)
- vodna emulzija etilenskega kopolimernega voska (WE 3) (c = 25 %)
- vodna emulzija oksidiranega polietilenskega voska (WE 6) (c = 50 %)
- vodna emulzija oksidiranega polietilenskega voska (WE 6) (c = 25 %)
- vodno raztopino bora (B) (c_b = 0,1 %)

- vodno raztopino bora (B) ($c_b = 0,5 \%$)
- vodna emulzija montanskega voska (LGE) ($c = 100 \%$) in bora ($c_b = 0,1 \%$)
- vodna emulzija montanskega voska (LGE) ($c = 100 \%$) in bora ($c_b = 0,5 \%$)
- vodna emulzija oksidirane polietilenskega voska (WE 1) ($c = 50 \%$) in bora ($c_b = 0,1 \%$)
- vodna emulzija oksidirane polietilenskega voska (WE 1) ($c = 50 \%$) in bora ($c_b = 0,5 \%$)
- vodna emulzija oksidirane polietilenskega voska (WE 6) ($c = 50 \%$) in bora ($c_b = 0,1 \%$)
- vodna emulzija oksidirane polietilenskega voska (WE 6) ($c = 50 \%$) in bora ($c_b = 0,5 \%$)

3.2.4 Označevanje vzorcev

Zaradi velikega števila različnih kombinacij, zaščitnih pripravkov in navsezadnje tudi vzorcev je bilo potrebno zagotoviti preglednost in sledljivost podatkov. Tako smo se odločili za sistem označevanja, ki je prikazan v preglednici 3.

Preglednica 3: Označevanje lesnih vzorcev

SREDSTVO	Koncentracija emulzije	Koncentracija borove kisline	Oznaka vzorcev izpostavljenih plesnim	Oznaka vzorcev izpostavljenih modrivkam	Okrajšava za premaz
kontrola	0	0	1-5	6-10	Kont.
LGE	100	0	11-15	16-20	LGE A
LGE	50	0	21-25	26-30	LGE B
MW	50	0	31-35	36-40	MW A
MW	25	0	41-45	46-50	MW B
WE 1	50	0	51-55	56-60	WE 1 A
WE 1	25	0	61-65	66-70	WE 1 B
WE 3	50	0	71-75	76-80	WE 3 A
WE 3	25	0	81-85	86-90	WE 3 B
WE 6	50	0	91-95	96-100	WE 6 A
WE 6	25	0	101-105	106-110	WE 6 B
B	0	0,1 %	111-115	116-120	B 0,1
B	0	0,5 %	121-125	126-130	B 0,5
LGE	100	0,1 %	131-135	136-140	LGE A B 0,1
LGE	100	0,5 %	141-145	146-150	LGE A B 0,5
WE 1	50	0,1 %	151-155	156-160	WE 1 A B 0,1
WE 1	50	0,5 %	161-165	166-170	WE 1 A B 0,5
WE 6	50	0,1 %	171-175	176-180	WE 6 A B 0,1
WE 6	50	0,5 %	181-185	186-190	WE 6 A B 0,5

3.2.5 Nanos zaščitnih pripravkov

Na vzorce smo zaščitne pripravke nanašali s pipetami. Za vsako koncentracijo smo uporabili drugo pipeto. Delo je potekalo tako, da smo posamezen vzorec postavili na tehtnico (Tehtnica Železniki, EXACTA 6120 EB), nato smo na površino vzorca nakapali 1 g zaščitnega pripravka in ga enakomerno porazdelili po površini (slika 7). Površina je bila premazana s pripravkom do konca roba. Tako smo zaščitili vse vzorce, razen prvih deset, ki smo jih uporabili za kontrolo.



Slika 7: Nanos testnih sredstev na vzorce

3.2.6 Priprava gojišča za glive in inkulacija gliv

Zaradi večjega števila preizkušancev smo odmerili 2000 mL destilirane vode in v njej raztopili 40 g koncentriranega sladnega ekstrakta. Raztopini sladnega ekstrakta smo nato dodali še 240 mL 1M raztopine NaOH, 780 mL 0,1M HCl in 25 g citronske kisline-monohidrata. Hranilni mešanici smo zmerili pH vrednost z napravo METROHM 827 pH lah ter z dodajanjem vodne raztopine NaOH oziroma HCl uravnali vrednost pH na 4,2. Hranilno gojišče smo prelili v dvanajst sterilnih erlenmajeric, jih zaprli z aluminijasto folijo in papirjem ter zatesnili z elastiko. Nato smo jih 45 minut sterilizirali v avtoklavu pri temperaturi 121 °C oziroma tlaku 1.5 bar. Po končani sterilizaciji smo jih postavili v brezprašno komoro in jih ohladili.

Po ohladitvi hranilnega gojišča smo polovico erlenmajeric s hranilnimi gojišči inokulirali s kulturo micelija; *Aureobasidium pullulans* in *Schlerophoma pityophila* (glivami modrivkami), drugo polovico pa kulturami gliv plesni: *Fusarium solani*, *Gliocladium viride*, *Penicillium expynsum* in *Penicillium janthinellum*. Da ni prišlo do okužbe, je delo potekalo v sterilnih pogojih, v brezprašni komori z ustrezno filtracijo zraka (slika 8). V vsako erlenmajerico smo dodali po dva cepiča s površino približno 1 cm². Preden smo jih zaprli in zatesnili z elastiko, smo vrat in aluminijasto folijo ožgali nad gorilnikom. Erlenmajerice smo nato namestili na stresalnik KAMBIČ RT-1000, kjer so glive preraščale nekaj dni ob konstantnem stresanju (slika 8). Temperatura v stresalniku je bila 25 °C, kar je ustrezalo rasti gliv. Ko so glive tvorile trose smo suspenzijo v brezprašni komori prefiltrirali skozi sterilne gaze in zmešali skupaj obe gojišči s sporami gliv modrivk ter vsa štiri gojišča s sporami gliv plesni. Tako smo dobili suspenziji spor testnih gliv za modrivke in za plesni.



Slika 8: Ohlajanje gojišča v brez prašni komori (levo) in stresanje gliv v stresalniku (desno)

3.2.7 Okužba oziroma izpostavitve vzorcev glivam

Pred izpostavitvijo vzorcev glivam smo najprej pripravili Kollejeve steklenice. Kollejeve steklenice smo najprej sprali z etanolom, ko pa so se posušile smo vanje vložili filtrni papir in jih zaprli z aluminijasto folijo in papirjem ter jih zatesnili z elastiko. Tako pripravljene Kollejeve steklenice smo sterilizirali v avtoklavu. Sterilizacija je trajala 45 minut pri temperaturi 121 °C oziroma tlaku 1,5 bara. Sočasno smo v avtoklavu sterilizirali tudi v papir zavite vzorce. Po končani sterilizaciji smo Kollejeve steklenice zložili vodoravno v brez prašno komoro in počakali da so se ohladile. Po ohladitvi Kollejevih steklenic smo

vanje nalili 15 mL suspenzije spor in v vsako vstavili po en preizkušanelec (ki smo ga predhodno potopili v hranilno gojišče) obrnjen z utorom navzdol (slika 9). Ustje steklenic in aluminijasto folijo smo ožgali preden smo steklenico zaprli. Delo je potekalo v sterilnih pogojih. Najprej smo izpostavili vzorce glivam modrivkam, nato pa še glivam plesnim tako, da smo imeli modrivke ločene od plesni (zaradi lažje sledljivosti vzorcev) (slika 9).



Slika 9: Izpostavitve vzorcev v brez prašni komori (levo) in Kollijeve steklenice z vzorci v rasni komori (desno)

Zaprte Kollejeve steklenice z vzorci smo zložili v rastno komoro s temperaturo 25 ± 1 °C ter 70 ± 5 % zračno vlago (slika 9). Po šestih tednih smo vzorce izolirali, obrisali površino in vizualno ocenili pomodrelost, v skladu z opisi iz preglednice 4.

Preglednica 4: Ocene pomodrelosti površine (SIST EN 152-1)

OCENA	OPIS PREIZKUŠANCA
0	Površina ni pomodrela: madežev na površini ne opazimo
1	Površina je minimalno in zato nepomembno pomodrela: največji dovoljeni premer madežev je 2 mm, vseh madežev ni več kot 10.
2	Les je pomodrel: če so madeži med seboj povezani in je pomodrelo do 1/3 zgornje površine preizkušanca; če madeži med seboj niso povezani in je pomodrelo 1/2 zgornje površine preizkušanca.
3	Les je močno pomodrel: če so madeži med seboj povezani in je pomodrelo več od 1/3 zgornje površine preizkušanca; če madeži med seboj niso povezani in je pomodrelo več od 1/2 zgornje površine preizkušanca.

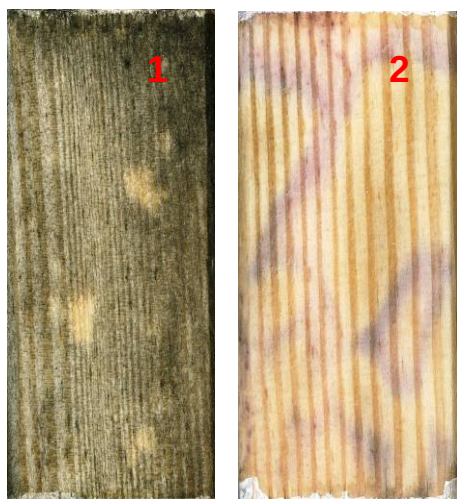
4 REZULTATI

4.1 DOLOČANJE POMODRELOSTI PO STANDARDNI METODI SIST EN 152-1

Stopnjo obarvanosti vseh preizkušancev smo ocenjevali po standardni metodi SIST EN 152-1, ki temelji na vizualnem ocenjevanju obarvanosti površine. Ta standardizirana metoda je sicer namenjena ugotavljanju preventivnih varovalnih učinkov biocidnih sredstev proti glivam modrivkam, mi pa smo preizkus priredili tudi za odpornost lesa na glive plesni. S tem testom smo želeli določiti stopnjo obarvanja testne površine. V nadaljevanju lahko vidimo primerjave obarvanja preizkušancev med plesnimi in modrivkami pri kontrolnih vzorcih in pri vzorcih premazanih z osemnajstimi različnimi pripravki. Na slikah sta predstavljena značilna vzorca vsakega premaza, za glive modrivke (levo ali št. 1) in za glive plesni (desno ali št. 2), za vsak testiran premaz.

4.1.1 Barvne spremembe kontrolnih vzorcev (Kont.) po izpostavitvi glivam

Pri vseh preizkušancih so madeži povezani in pokrivajo več kot 1/3 površine, v nekateri primerih pa celo celotno površino. Iz preglednice 5 lahko razberemo, da smo vse preizkušanci ocenili z najvišjo oceno 3. To nakazuje, da so bile glive aktivne, in les dovzeten za modrenje oziroma plesenje. Po drugi strani je očitno, da je obarvanje zaradi gliv modrivk veliko intenzivnejše, kot zaradi plesni. Glive modrivke so les obaravale skoraj črno, med tem ko na plesnim izpostavljenem vzorcu opazimo različne, veliko bolj pisne barvne spremembe (slika 10).



Slika 10: Kontrolni preizkušanci izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

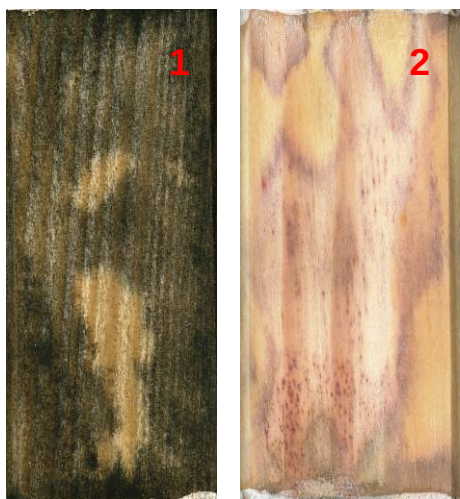
Preglednica 5: Obarvanost kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	plesni
3,3,3,3,3	3,3,3,3,3
Povprečna ocena obarvanja	
3	3

4.1.2 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (LGE A) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija na osnovi montanskega voska (LGE A) ni preprečila ne modrenja niti plesnenja lesa. Emulzija LGE A les bolj ščiti pred plesnimi kot modrivkami, vendar pa so razlike minimalne. Kot lahko vidimo na sliki 11 je delež obarvane površine večji pri lesu izpostavljenem modrivkam (levo) v primerjavi z vzorci izpostavljenimi plesnim. V preglednici 6 lahko razberemo, da imajo preizkušanci izpostavljeni plesnim boljše ocene kot preizkušanci izpostavljeni modrivkam. Povprečna ocena vzorcev izpostavljenih modrivkam znaša 2,8, plesnim pa 2,4.



Slika 11: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A in izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

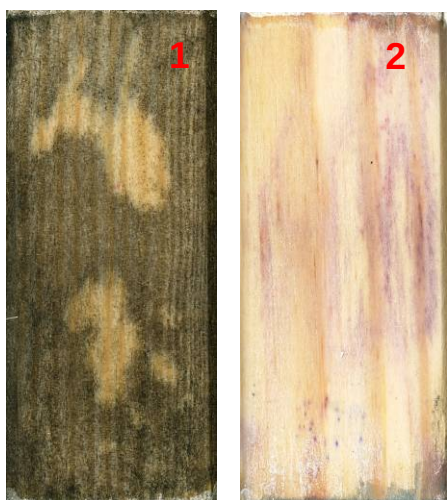
Preglednica 6: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	plesni
2,3,3,3,3	2,3,2,2,3
Povprečna ocena obarvanja	
2,8	2,4

4.1.3 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (LGE B) po izpostavitvi glivam

Odpornost vzorcev borovine premazanih z vodno emulzijo z oznako LGE B, ne ustreza zahtevam standarda. Premazani vzorci so za malenkost bolj odporni na plesni kot na modrivke, vendar so ocene slabše kot pri emulziji LGE A, kar je razumljivo saj je koncentracija emulzije LGE A višja. Na podlagi primerjav podatkov v preglednicah 6 in 7 lahko trdimo, da montanski vosek nima fungicidnega delovanja, film ki se je tvoril na površini pa ne preprečuje delovanja gliv. Na sliki 12 vidimo močno obarvanost vzorcev zaradi delovanja gliv modrivk (levo) in plesni (desno). Kot lahko razberemo iz preglednice 7, je premaz LGE B nekoliko zavrl plesenje samo pri enem vzorcu izpostavljenem plesnim na ostale pa emulzija LGE ni imela vpliva. Povprečna ocena zaščitenih vzorcev izpostavljenih glivam modrivkam znaša 3, plesnim pa 2,8.



Slika 12: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

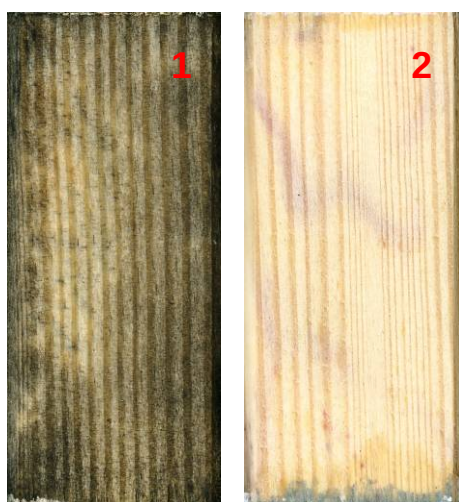
Preglednica 7: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	plesni
3,3,3,3,3	2,3,3,3,3
Povprečna ocena obarvanja	
3	2,8

4.1.4 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (MW A) po izpostavitvi glivam

Podobno kot pri emulziji LGE tudi emulzija MW ni zaščitila lesa pred barvnimi spremembami zaradi delovanja gliv. Rezultat je pričakovan, saj tako emulzijo LGE, kot tudi emulzijo MW sestavlja montanski vosek. Razlika je le v koncentraciji montanskega voska. Pri emulziji MW je 46,2 % pri emulziji LGE pa 11,4 % (preglednica 2). Podobno kot emulzija LGE, emulzija MW A nekoliko bolje ščiti les pred plesnimi kot modrivkami. Pri vzorcih izpostavljenih plesnim so madeži pri treh preizkušancih povezani in je obarvane do 1/3 površine, medtem ko je pri vzorcih izpostavljenih glivam modrivkam, pri vseh preizkušancih pomodrele več kot 1/2 površine (slika 13). Iz preglednice 8 je razvidno, da je povprečna ocena vzorcev izpostavljenih plesnim 2,4, medtem ko je pri vzorcih izpostavljenih glivam modrivkam povprečna ocena obarvanja 3.



Slika 13: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo MW A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

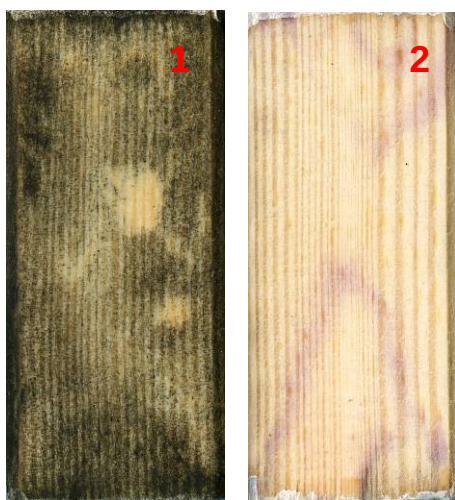
Preglednica 8: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo MW A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	plesni
3,3,3,3,3	2,3,2,2,3
Povprečna ocena obarvanja	
3	2,4

4.1.5 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska (MW B) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija MW B (s 25 % koncentracijo izhodiščne emulzije MW) ščiti borovo beljavo proti plesnim za malenkost bolje od emulzije MW A, ki vsebuje 50 % izhodiščne emulzije montanskega voska (MW). Po drugi strani pa ni opaziti razlik v odpornosti z različnima emulzijam MW premazanih vzorcev proti glivam modrivkam. Testna površina preizkušanca izpostavljenega modrivkam popolnoma pomodrela. Pri nekaterih vzorcih izpostavljenih modrivkam, sploh ni opaziti nepomodrele površine, kar pa ne velja za preizkušance izpostavljene glivam plesnim. Pri slednjih kar pri štirih preizkušancih obarvanost testne površine ne presega $\frac{1}{3}$, samo pri enem preizkušancu pa je pomodrelost večja od $\frac{1}{2}$ testne površine (slika 14). Iz preglednice 9 je razvidno, da je povprečna ocena vzorcev izpostavljenih plesnim 2,4, medtem ko je pri vzorcih izpostavljenih glivam modrivkam povprečna ocena pomodrelosti 3.



Slika 14: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo MW B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

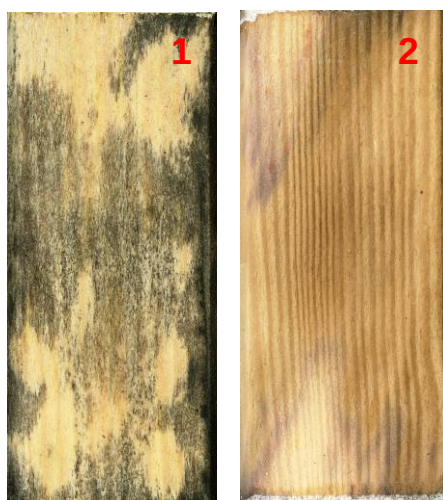
Preglednica 9: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo MW B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,3,3,3	3,2,2,2,2.5
Povprečna ocena obarvanja	
3	2,3

4.1.6 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidiranega polietilenskega voska (WE 1 A) po izpostavitvi glivam

Nasprotno kot emulzije na osnovi montanskega voska, emulzija WE 1 A bolje ščiti beljavo borovine pred glivami modrivkami kot pred plesnimi. Madeži na testni površini preizkušancev izpostavljenih modrivkam med seboj niso bili povezani in v večini je pomodrelo le do 1/2 zgornje površine. Iz preglednice 10 je razvidno, da so ocene pri vzorcih izpostavljenih plesnim slabe, saj povprečna ocena znaša le 2,9, kar pa ne velja za vzorce izpostavljene modrivkam, ki imajo povprečno oceno 2,6. Po drugi strani je razvidno, da obarvanje na plesnivih vzorcih premazanih z emulzijo WE 1 drugačno, kot pri vzorcih zaščiteneh z emulzijami na osnovi montanskih voskov. Vzorci zaščiteni z emulzijami montanskega voska so bili obarvani z vijoličnimi odtenki, med tem ko so plesnivi vzorci premazani z emulzijo WE 1 bolj rjavi (slika 15).



Slika 15: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

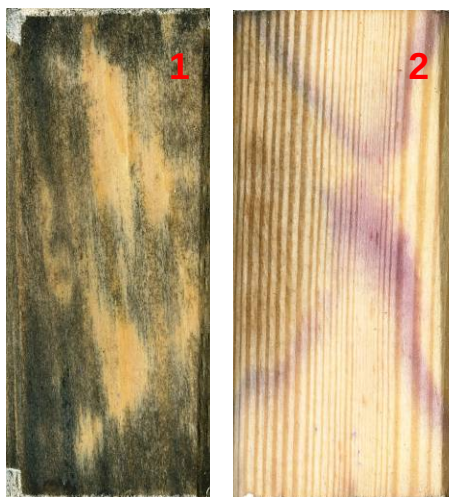
Preglednica 10: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,2,2,3	3,3,3,3,2.5
Povprečna ocena obarvanja	
2,6	2,9

4.1.7 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska (WE 1 B) po izpostavitvi glivam

Podobno kot ostale testirane emulzije, tudi emulzija WE 1 B ni bistveno preprečila delovanja gliv modrivk in plesni. Emulzija WE 1 B za razliko od WE 1 A, les bolj ščiti pred plesnimi kot modrivkami. Na sliki 16 lahko vidimo, da pri preizkušancu izpostavljenem modrivkam pomodrelost površine presega $1/2$ površine, medtem ko je pri treh vzorcih izpostavljenih plesnim diskolorirano manj kot $1/3$ testne površine. Iz preglednice 11 je razvidno, da je povprečna ocena pri vzorcih izpostavljenih plesnim solidna, medtem ko je pri vzorcih izpostavljenih modrivkam rezultat zelo slab, saj so vsi preizkušanci ocenjeni z najslabšo oceno 3.



Slika 16: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

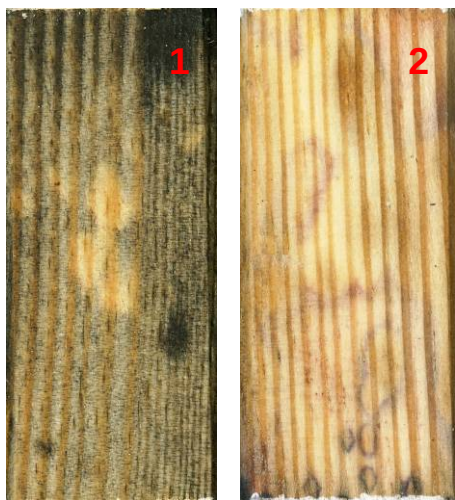
Preglednica 11: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,3,3,3	3,3,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
3	2,4

4.1.8 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo etilenskega kopolimernega voska (WE 3 A) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija WE 3A borove vzorce slabo ščiti proti glivam modrivkam in plesnim. V obeh primerih je obarvanost zaradi gliv presega 1/2 testne površine (slika 17). Iz preglednice 12 lahko razberemo, da smo vse preizkušanci premazane z emulzijo WE 3A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim ovrednotili z oceno 3.



Slika 17: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 3 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

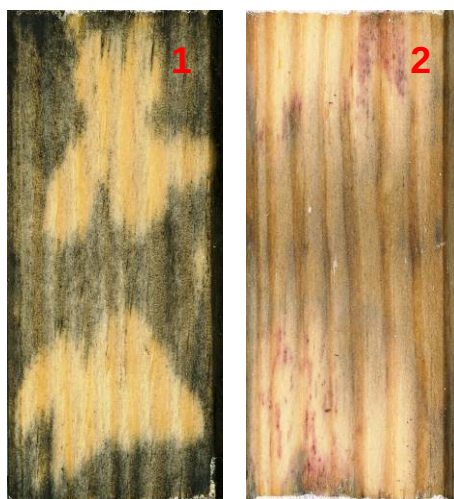
Preglednica 12: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 3 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,3,3,3	3,3,3,3,3
Povprečna ocena obarvanja	
3	3

4.1.9 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo etilenskega kopolimernega voska (WE 3 B) po izpostavitvi glivam

Emulzija WE 3 B ščiti borovo beljavo proti glivam modrivkam za malenkost bolje kot emulzija MW 3 A in slabše kot emulzija WE 1 A, medtem ko za plesni tega ne moremo trditi. Na sliki 18 lahko vidimo solidno učinkovitost emulzije WE 3 B pri zaščitenem preizkušancu izpostavljenem glivam modrivkam. Iz preglednice 13 lahko razberemo povprečni oceni za zaščitene preizkušance izpostavljene glivam modrivkam (2,8) in plesnim (3).



Slika 18: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 3 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

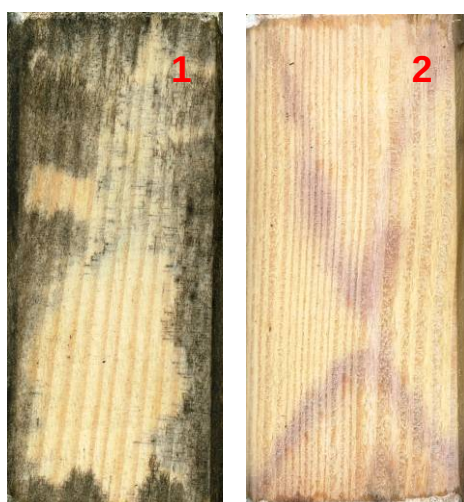
Preglednica 13: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 3 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,3,2,3	3,3,3,3,3
Povprečna ocena obarvanosti	
2,8	3

4.1.10 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidiranega polietilenskega voska (WE 6 A) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija WE 6 A ščiti les borove beljave proti glivam modrivkam primerljivo kot proti glivam plesnim. To lahko vidimo tudi na sliki 19, kjer sta dva preizkušanca, ki smo ju ocenili z oceno 2. Do podobnega sklepa pridemo tudi na podlagi ocen zapisanih v preglednici 14. Iz zapisanih vizualnih ocen je razvidno, da v povprečni oceni testnih površin med preizkušanci izpostavljenih modrivkam in plesnim, ni razlike. Povprečna ocena v obeh primerih zanaša 2,6. Med vsemi testiranimi emulzijami, je ravno emulzija oksidiranega polietilenskega voska, najbolj ščitila beljavo borovine tako pred glivami plesnimi kot modrivkami. Posamezne emulzije so bolje ščitile les pred plesnimi, a so bile neučinkovite proti modrivkam. Ta emulzija pa zavira obarvanje tako pred glivami modrivkami, kot tudi pred glivami plesnimi.



Slika 19: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

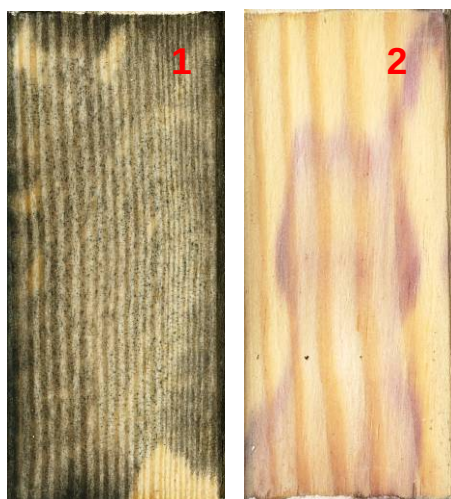
Preglednica 14: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
2,2,3,3,3	3,3,3,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
2,6	2,6

4.1.11 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidiranega polietilenskega voska (WE 6 B) po izpostavitvi glivam

Rezultati kažejo, da vodna emulzija WE 6 B manj učinkovito ščiti les proti modrivkam kot pred plesnim. Obarvanost preizkušanca izpostavljenega modrivkam je intenzivnejša, kot obarvanost preizkušanca izpostavljenega glivam plesnim (slika 20). Ta rezultat potrjujejo tudi vizualne ocene, ki so podane v preglednici 15. Povprečna ocena diskoloracije lesnih površin po izpostavitvi modrivkam je 3, po izpostavitvi plesnim pa 2,25. Med vsemi testiranimi emulzijami, brez dodanih biocidov, ta emulzija WE 6 B najboljše ščitila les pred glivami plesnimi.



Slika 20: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 B, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

Preglednica 15: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 B po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

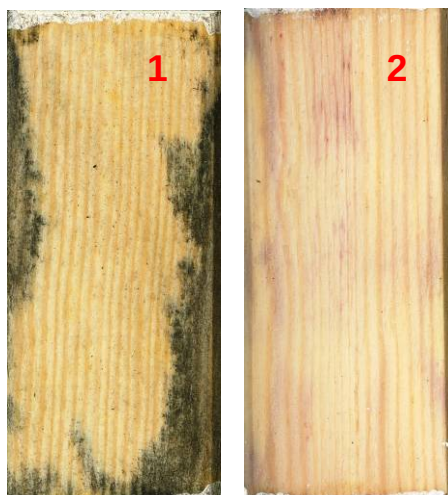
Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
3,3,3,3,3	2,2,2,3
Povprečna ocena obarvanja	
3	2,25

4.1.12 **Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno raztopino borove kisline (B) na glive modrivke in plesni ($c_B = 0,1 \%$)**

Iz podatkov prikazanih v prejšnjih poglavjih je razvidno, da vodne emulzije ne zaščitijo beljave bora pred plesnenjem in modrenjem. Zato smo se odločili, da vodne emulzije voskov kombiniramo z biocidi. Kot okoljsko primerno in vodotopno učinkovino smo si izbrali borovo kislino. Zanimalo nas je kako sama borova kislina ščiti les pred glivnim obarvanjem, ter ali v kombinaciji z vodnimi emulzijami deluje sinergistično ali antagonistično.

Površine preizkušancev, premazane z zaščitnim pripravkom B 0,1, po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim niso ostale popolnoma neobarvane. Madeži na površini preizkušancev ne pokrivajo več kot 1/3 površine. Med preizkušanci, izpostavljenimi glivam modrivkam in plesnim, smo zaznali malenkostno razliko. Borova kislina nekoliko bolje ščiti les pred plesnimi, kot pred modrivkami (slika 21). Povprečna ocena premazanih preizkušancev izpostavljenih modrivkam znaša 2,4, plesnim pa 2,2 (preglednica 16). Ta podatek, nas je presenetil, saj naj bi nižje koncentracije borove kisline pospeševale razvoj plesni in ne razvoj gliv modrivk. Morda pa je bila koncentracija borovih učinkovin še previsoka, in pozitiven vpliv borovih učinkovin na rast gliv plesni pride do izraza pri nižjih koncentracijah.



Slika 21: Preizkušanci zaščiteni z raztopino B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

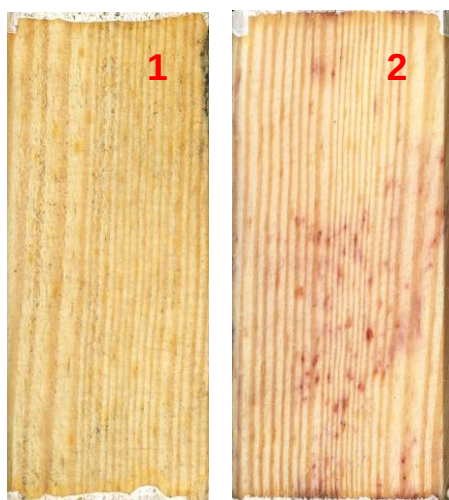
Preglednica 16: Obarvanost vzorcev premazanih z premazom B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
2,2,3,3,2	3,2,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
2,4	2,2

4.1.13 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno raztopino borove kisline (B) na glive modrivke in plesni ($c_B = 0,5 \%$)

Vodna raztopina borove kisline z $0,5 \%$ B (B 0,5) je po pričakovanju, zaradi visokega deleža aktivnih učinkovin, eden izmed najbolj učinkovitih testiranih pripravkov. Zanimivo je, da borova kislina v pripravku z višjo koncentracijo ($c_B = 0,5 \%$), za razliko od pripravka z nižjo koncentracijo B ($c_B = 0,1 \%$) vzorce bolje ščiti proti glivam modrivkam, kot pa proti glivam plesnim. Ker so madeži na z borovo kislino zaščitениh vzorcih izpostavljenih glivam plesnim manjši od premera 2 mm, bi lahko te vzorce ocenili z oceno 1. Vendar pa njihovo število presega 10 madežev na površino, zato imajo vsi vzorci izpostavljeni plesnim oceno 2. Po drugi strani na vzorcih izpostavljenih modrivkam madežev nismo opazili (slika 22). Povprečna ocena za vzorce izpostavljene modrivkam je tako 0, za vzorce izpostavljene plesnim pa 2 (preglednica 17).



Slika 22: Preizkušanci zaščiteni z raztopino B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

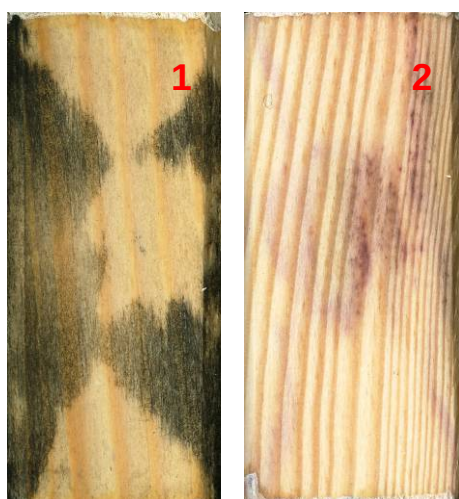
Preglednica 17: Obarvanost vzorcev premazanih z premazom B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
0,0,0,0,0	2,2,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
0	2

4.1.14 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,1 \%$) (LGE A B 0,1) po izpostavitvi glivam

V primerjavi z emulzijo LGE A je sistem LGE A B 0,1 zaradi dodane borove kisline pričakovano bolje zaščitil vzorce pred obarvanji (slika 23). Preizkušanci premazani z emulzijo LGE A B 0,1 in izpostavljeni plesnim (2,4) so bolj odporni od preizkušancev izpostavljenih modrivkam (2,6). Iz primerjave podatkov v preglednicah 6 in 18 vidimo, da je dodatek borove kisline izboljšal zaščito lesa proti glivam modrivkam, zaščite proti plesnim pa ni bistveno izboljšal. V kolikor pa primerjamo delovanje emulzije LGE A B 0,1 z delovanjem borove kisline iste koncentracije, pa vidimo da je dodatek emulzije borovi kislini poslabšal učinkovitost zaščite tako proti plesnim, kot tudi proti glivam modrivkam (preglednici 16 in 18).



Slika 23: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

Preglednica 18: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
2,2,3,3,3	3,3,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
2,6	2,4

4.1.15 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo montanskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,5 \%$) (LGE A B 0,5) po izpostavitvi glivam

Kot lahko vidimo na sliki 24 je emulzija LGE A B 0,5 z več dodanega bora učinkovitejša kot emulzija LGE A B 0,1, kjer je koncentracija borovih učinkovin skoraj petkrat manjša. Pri vzorcih izpostavljenih glivam modrivkam obarvanja skoraj ni bilo zaznati. Kar pri dveh vzorcih madežev na površini nismo opazili. Nekoliko slabše smo ocenili vzorce izpostavljene plesnim. Na slednjih so se pojavljale majhne pikice (slika 24), ker pa je število teh madežev na testni površini preseglo število 10, smo večino vzorcev ocenili z oceno 2. V preglednici 19 lahko vidimo povprečni oceni za modrivke (0,6) in plesni (1,8). Iz teh podatkov in iz primerjave s podatki v preglednici 17 je razvidno, da dodatek vodne emulzije montanskega voska v vodno raztopino borove kisline poslabša odpornost premazanega lesa proti glivam modrivkam, po drugi strani pa izboljša delovanje proti glivam plesnim.



Slika 24: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo LGE A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

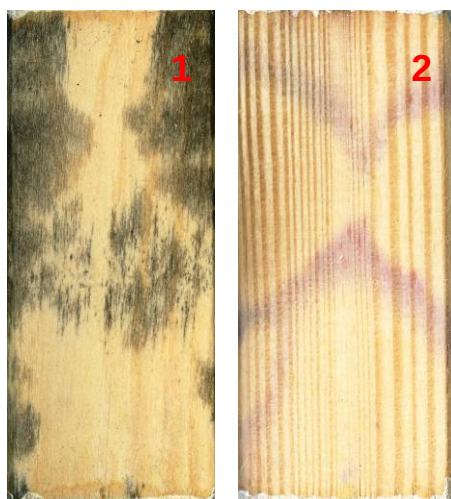
Preglednica 19: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo LGE A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
1,1,1,0,0	1,2,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
0,6	1,8

4.1.16 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidiranega polietilenskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,1 \%$) (WE 1 A B 0,1) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija WE 1 A B 0,1 z dodano borovo kislino, je občutno boljše ščitila les pred plesnenjem kot emulzija WE 1 A (brez dodanega bora), medtem ko pri vzorcih izpostavljenih modrivkam, nismo opazili bistvene razlike. V preglednici 19 so navedene ocene obarvanja, na sliki 25 pa vidimo dva povprečna primera vzorcev izpostavljenih glivam modrivkam z oceno 2,5 in plesnim z oceno 2,2.



Slika 25: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

Preglednica 20: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
2,5,3,3,2,2	3,2,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
2,5	2,2

4.1.17 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,5 \%$) (WE 1 A B 0,5) po izpostavitvi glivam

Tudi emulzija WE 1 A B 0,5 je eden izmed najbolj učinkovitih zaščitnih pripravkov za zaščito površin pred delovanjem gliv modrivk, nekoliko slabše pa ščitijo les proti glivam plesnim. Madeži so na treh preizkušancih izpostavljenih plesnim med seboj povezani, zato smo jih morali po navodilih standarda SIST EN 152-1 oceniti z oceno 2. Pri vzorcih izpostavljenih modrivkam, pa madežev na testni površini nismo opazili (slika 26). Povprečna ocena za vzorce izpostavljene glivam modrivkam je bila 0, za vzorce izpostavljene glivam plesnim pa 1,6 (preglednica 21).



Slika 26: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 1 A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

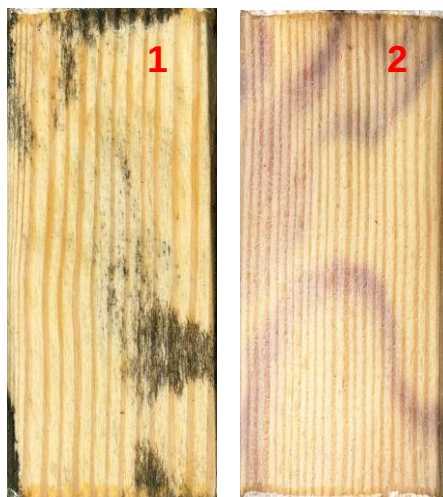
Preglednica 21: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 1 A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
0,0,0,0,0	2,2,1,2,1
Povprečna ocena obarvanja	
0	1,6

4.1.18 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidirane polietilenskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,1 \%$) (WE 6 A B 0,1) po izpostavitvi glivam

Vodna emulzija WE 6 A B 0,1 (z dodano borovo kislino) je občutno bolj ščitila les pred delovanjem plesni in modrivk, kot premaz WE 6 A brez dodanih biocidnih učinkovin. Preizkušanci izpostavljeni modrivkam so manj diskolorirani od preizkušancev izpostavljenih plesnim (slika 27). To je razvidno tudi iz preglednice 22, saj je povprečna ocena obarvanja premazanih vzorcev izpostavljenih plesnim 2,4, modrivkam pa 2,2. V kolikor pa primerjamo delovanje vodne raztopine borove kisline z in brez emulzije pa vidimo, da je dodatek voska poslabšal delovanje borove kisline.



Slika 27: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A B 0,1, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

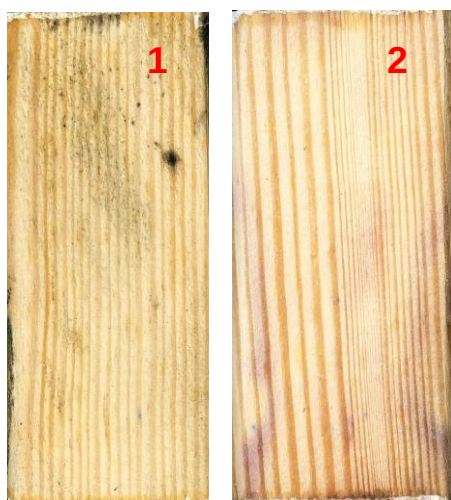
Preglednica 22: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A B 0,1 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
2,2,3,2,2	3,3,2,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
2,2	2,4

4.1.19 Barvne spremembe borovih vzorcev premazanih z vodno emulzijo oksidiranega polietilenskega voska in borovo kislino ($c_B = 0,5 \%$) (WE 6 A B 0,5) po izpostavitvi glivam

Zaščitni pripravek WE 6 A B 0,5 (z dodano borovo kislino) relativno dobro ščiti les borove beljave, tako proti glivam modrivkam, kot tudi proti plesnim. Pri preizkušancih izpostavljenih plesnim so madeži med seboj povezani, na nekaterih delih pa se pojavljajo tudi v obliki majhnih pikic. Pri preizkušancih izpostavljenih modrivkam pa se madeži pojavljajo samo v obliki pikic (slika 28). V preglednici 23 lahko vidimo povprečni oceni za obarvanje vzorcev izpostavljenih glivam modrivkam (0,4) in plesnim (1,2). Tudi v tem primeru se je izkazalo, da dodatek emulzije WE 6 k vodni raztopini izboljša učinkovitost zaščenega lesa proti plesnenju, poslabša pa odpornost proti modrenju. Poleg tega je očitno, da borove kislina bistveno slabše deluje na glive plesni, kot glive modrivke.



Slika 28: Preizkušanci zaščiteni z emulzijo WE 6 A B 0,5, izpostavljeni glivam modrivkam 1 in plesnim 2

Preglednica 23: Obarvanost vzorcev premazanih z emulzijo WE 6 A B 0,5 po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim

Ocena obarvanja posameznih vzorcev

modrivke	Plesni
0,1,0,1,0	0,1,1,2,2
Povprečna ocena obarvanja	
0,4	1,2

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

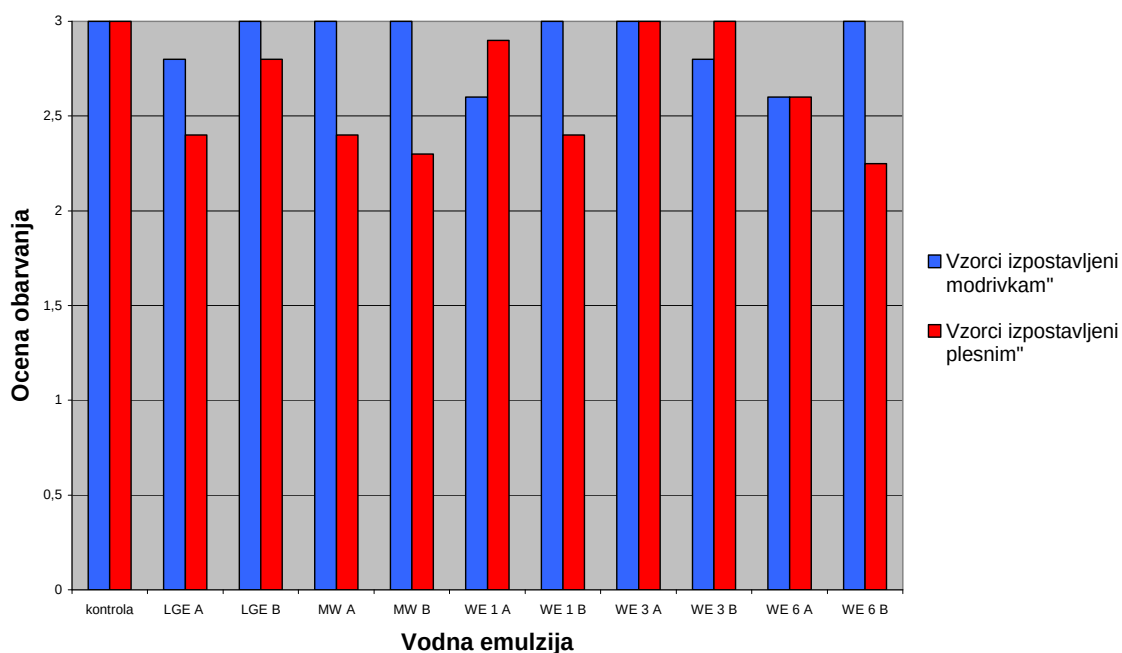
5.1 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo ugotavljali odpornost površine lesa rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), premazanega z različnimi tipi in koncentracijami emulzij voskov, proti glivami modrivkami in plesni. Nekaterim emulzijam voskov smo za izboljšanje fungicidnih lastnosti dodali še borovo kislino.

Odpornost lesa bora proti glivami modrivkami in plesni, smo ugotavljali v skladu s standardno metodo SIST EN 152-1. Ker so bili kontrolni oziroma nepremazani vzorci povsem pomodreli oziroma plesnivi predpostavljamo, da so bile glive modrivke in plesni vitalne ter da so zato rezultati veljavni.

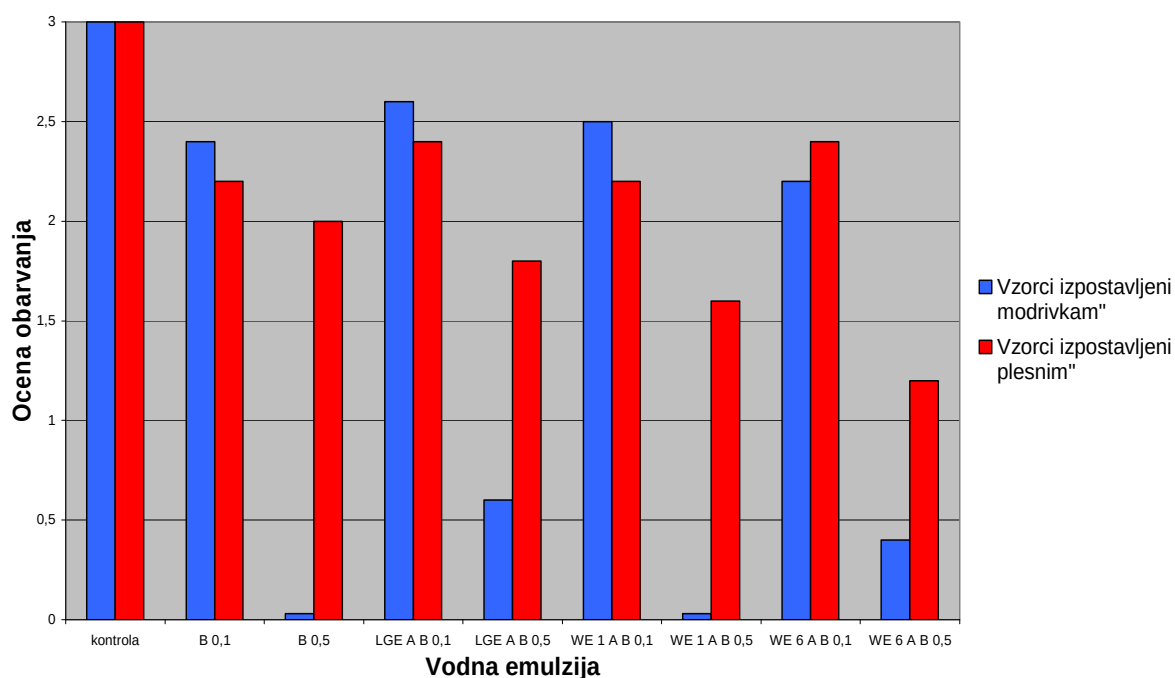
Rezultati so pokazali, da je odpornost vzorcev, ne glede na tip in koncentracijo uporabljene emulzije, slabša od pričakovane. Ker emulzije nimajo biocidnih lastnosti, so se glive modrivke in plesni razvile tik pod filmom na površini. Z dodajanjem borove kisline (0,1 % ali 0,5 %) v emulzije, se je odpornost premazanih vzorcev na glive modrivke in plesni po pričakovanju izboljšala.

Kot že omenjeno, so bili vsi vzorci obdelani z vodnimi emulzijami voskov zelo diskolorirani. Pričakovali smo, da bo premazovanje vzorcev z različnimi emulzijami voskov omenjenimi premazi znatno izboljšali odpornost lesa proti glivami modrivkami in plesni. Učinkovitost emulzij proti glivnemu obarvanju lesa je bila zelo slaba, pri emulziji WE 3 A (preglednica 2 in 3) pa nismo opazili celo nikakršnega delovanja na glive (slika 29). Kakorkoli, neposredne povezanosti med koncentracijo in učinkovitostjo vodnih emulzij proti glivam modrivkam oziroma plesnim nismo opazili. Vodne emulzije brez dodane borove kisline na splošno bolje ščitijo les proti glivam plesnim kot modrivkam. Tega ne moremo trditi le pri emulzijah WE 1 A in WE 3 B (preglednica 2 in 3) (slika 29).



Slika 29: Primerjava povprečnih ocen diskoloracije vzorcev, zaščiteneh z različnimi koncentracijami uporabljenih emulzij voskov brez dodanega bora po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim (okrajšave so razvidne iz preglednice 3)

Odpornost lesa, premazanega z emulzijami z dodanim 0,1 % in 0,5 % bora v obliki borove kisline, je bila učinkovitejša od samih emulzij. Emulzije z dodano 0,5 % bora v obliki borove kisline so učinkoviteje ščitile premazano beljavo borovine pred modrenjem, kot emulzije, ki smo jim dodali pet krat manj borovih učinkovin. Na sliki 30 vidimo primerjavo med obarvanostjo vzorcev premazanih z emulzijami, ki so poleg voska vsebovale 0,1 % ali 0,5 % bora v obliki borne kisline. Ugotovili smo, da so modrivke pri vzorcih premazanih z emulzijami z 0,1 % bora, nekoliko bolj tolerantne na borove učinkovine kot plesni. Pri vzorcih premazanih z emulzijami z 0,5 % bora v obliki borove kisline, pa so izrazito bolj agresivne plesni, medtem ko pri modrivkah v večini primerov do diskoloracije površine sploh ni prišlo ali pa je bila zanemarljiva (slika 30).



Slika 30: Primerjava povprečnih ocen diskoloracije vzorcev, zaščiteneh z različnimi koncentracijami uporabljenih emulzij voskov z dodanima 0,1 in 0,5 % koncentracijama vodne raztopine bora po izpostavitvi glivam modrivkam in plesnim (krajšave so razvidne iz preglednice 3)

Vzorci premazani z emulzijami, ki smo jim dodali 0,1 % bora so se izkazali slabše kot vzorci ki so bili premazani z vodno raztopino borove kisline iste koncentracije. Dodatek voskov je tako celo poslabšal učinkovitost borovih spojin. Po drugi strani pa negativnega vpliva vodnih emulzij nismo opazili na učinkovitost zaščitnih pripravkov s pet krat višjo koncentracijo. Zato sklepamo, da je smiselno kombinirati emulzije voskov z borom le pri višjih koncentracijah borove kisline. Torej je v tem primeru smiselno kombinirati emulzije. Med vsemi testiranimi kombinacijami vodnih emulzij z borovo kislino se je najslabše izkazal sistem LGE A B 0,1, najboljše pa sistem WE A 6 B 0,5.

5.2 SKLEPI

V raziskavi smo ugotovili, da so bile uporabljene glive modrivke in plesni vitalne oziroma aktivne. Intenzivna obarvanost kontrolnih vzorcev prav tako nakazuje, da je beljava borovine dovzetna na okužbo z glivami in da so testi veljavni.

Zaščita borove beljave z vodnimi emulzijami voskov, bistveno ne izboljša odpornosti lesa proti glivam modrivkam in plesnim.

Z dodajanjem borove kisline v vodne emulzije voskov, se odpornost premazanega lesa borove beljave na glive modrivke in plesni izboljša.

Glive modrivke so bolj občutljive na borove učinkovine kot plesni.

6 POVZETEK

Okoljska zavest kupcev o škodljivosti biocidnih zaščitnih pripravkov je vzrok za raziskovanje oziroma razvoj novih manj škodljivih rešitev za zaščito lesa. Kot eno izmed možnosti se v zadnjem času proučuje tudi uporaba naravnih voskov, s katerimi bi zaščitili les pred glivnim razkrojem.

V raziskovalnem delu smo si zastavili vprašanje, kako učinkovito bodo montanski polietilenski in oksidirani polietilenski voski zaščitili les proti glivami modrivkami in plesnim. Za preizkus smo uporabili vodne emulzije voskov v različnih koncentracijah in nekaterim mešanicam dodali borovo kislino. Uporabili smo standardno metodo SIST EN 152-1 za določanje obarvanja površine. Za realno sliko smo pustili nekaj vzorcev neimpregniranih, kakor predpisuje tudi standard. Za testne vzorce smo uporabili beljavo rdečega bora, kot predpisuje ta standard.

Ugotovili smo, da so vzorci premazani z vodnimi emulzijami z dodano z borovo kislino mnogo bolj odporni na diskoloracije, kot vzorci premazani z emulzijami, ki jim nismo dodali borovih učinkovin.

Pri emulzijah brez dodanih borovih učinkovin je odpornost premazanega lesa na modrivke in plesni slaba. Vzorci premazani z višji koncentracijo voskov so v povprečju bolje zaščiteni pred glivnim obarvanjem, kot vzorci premazani z emulzijami z nižjo koncentracijo voskov.

Ugotovljeno je bilo, da vzorci zaščiteni z vodnimi emulzijami voskov, niso bistveno zaščitili lesa pred modrenjem in plesnenjem. Z dodajanjem borovih učinkovin vodnim emulzijam voskov pa smo odpornost premazanega lesa na glive modrivke in plesni v precejšni meri izboljšali.

7 VIRI

Benko R., Kervina H. L., Gruden M. 1987. Patologija lesa. Lesna fitopatologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 122 str.

Biocidal Products Directive (98/8/EC), 1998. Official Journal of the European Communities, L 123, 1-63

Carile M., Watkinson S.C. 1994. The fungi. London, Academic press limited: 482 str.

Cyberlipid 2008. Waxes. <http://www.cyberlipid.org/wax/wax0001.htm#top> (19.8.2008)

Creosote Stakeholder Consultation, 2010

<http://ec.europa.eu/environment/biocides/creosote.htm> (20.03.2010)

Čufar K. 2002. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 158 str.

Dickinson D. J., Murphy R. J. 1989. British Wood Preservers Association Annual Convention, Paper 6.

Eaton R. A., Hale M.D.C. 1993. Wood decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.

Findlay, W. 1956. The toxicity of borax to wood - rotting fungi. Timber Technology and Machine Woodworking, 61: 275-276

Foncepi A. 2008. Carnauba. <http://foncepi.com.br/eng/products.asp#topo> (27.8.2008)

Heinrichs F. L. 2003. Montan wax. V: Ullman's encyclopedia of industrial chemistry. Vol. 39. 3. Weinheim, Wiley-VCH: 154-159

Humar, M. 2004. Zaščita lesa danes - jutri. Les, 56: 184–189

Humar M., Pohleven F. 2005. Biotehnologija v lesarstvu = Biotechnology in wood industry. Les, 57, 11: 316-321

Humar M. 2006. Zaščita lesa. Zapiski iz vaj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Humar M. 2008. Zaščita lesa - Kam gremo? V: Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 102-107

Incineration of Waste Directive (2000/76/EC). 2000. Official Journal of the European Communities L 332: 91-112

Jonge I. J. 1987. The efficiency of wood preservative preparations. International Research Group for Wood Preservation. IRG/WP 3400: 7 str.

Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 126 str.

Landfill Directive (99/31/EC). 1999. Official Journal of the European Communities L 182: 1-19

Lesar B., Petrič M., Kričej B., Humar M. 2009. Ljubljana. Voski in njihova uporaba v lesarstvu. Les, 61, 5: 188-194

Lloyd, J. D. 1998. Borates and their biological applications. International Research Group for Wood Preservation. IRG/WP 30178, 26 str.

Lutz M. 2001. Natural montan wax and its raffinates, European Journal of Lipid Science and Technology, 103: 239-248

Mlakar J. 1990. Dendrologija: Drevesa in grmi Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 39-41

Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.

Peyo A., Willeitner H. 1995. The Problem of Reducing the Leachability of Born by Weather Repellents. *Holzforschung*, 49: 211–216

Petrič M. 2007. Površinska obdelava lesa. Zapiski iz predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Pohleven F., Petrič M. 1992. Ekološke perspektive zaščite lesa pred škodljivci. *Nova revija*, 43, 3: 94 – 98

Raspor, P.; Smole-Možina, S.; Podjavoršek, J.; Pohleven, F.; Gogala, N.; Nekrep, F.V.; Rogelj, I.; Hacin, J. 1995: ZIM: Collection of industrial microorganisms. Ljubljana: Biotechnical faculty.: 98 str

Richardson B.A. 1993. Wood Preservation. Second edition. London, Glasgow, E & FN Spon: 226 str.

Schmidt O. 1994. Holz – Bauenpilze. Berlin, Springer – Verlag: 246 str.

SIST EN 152-1. 1996. Test methods for wood preservatives; Laboratory method for determining the preventive effectiveness of a preservative treatment against blue stain in service. Part 1: Brushing procedure.: 31 str.

Solvent Emissions Directive (99/13/EC). 1999. Office for Official Publications of the European Communities, LO13: 1-26

SpecialChem (2008) Wax Emulsions Center.

<http://www.specialchem4coatings.com/tc/wax/index.aspx?id=waxes> (27. 8. 2008).

Vek V. 2007. Spremembe mehanskih lastnosti lesa zaradi delovanja gliv modrivk.
Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 59 str.

Wikipedija, Scots pine 2009

<http://www.arboretum-vp.si/admin/assetmanager/images/pinus%20sylvestris%20-%20v1.jpg> (21.01.2010)

Wolfmeier U. 2003. Waxes. V: Ullman's encyclopedia of industrial chemistry, Vol. 39, 3. Bhonet M. Wiley-VCH, izdaja (Ur.), Weinheim: 136-141

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so mi kakor koli pomagali pri izdelavi te diplomske naloge. Še posebej se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mihi Humarju za vso pomoč in strokovno vodenje pri izdelavi diplomskega dela, prav tako se zahvaljujem prof. dr. Francu Pohlevnu za recenzijo. Zahvalil bi se tudi osebju katedre za patologijo in zaščito lesa za vso pomoč pri izvajanju poizkusov.

Hvala vsem sošolcem in prijateljem za nepozabna študentska leta.

Posebna zahvala pa gre tudi mojim staršem in sorodnikom, ki so mi omogočili študij in so verjeli vame.

Hvala!