

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Primož OSTERMAN

**UČINKOVITOST NOVEJŠIH BIOCIDNIH PRIPRAVKOV PROTI
GLIVAM MODRIVKAM**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**EFFICIENCY OF NEW BIOCID PREPARATIONS AGAINST BLUE
STAIN FUNGI**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v podjetju Helios Group, Belinka Belles d.o.o. in na Katedri za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Franca Pohlevna, za recenzenta pa doc. dr. Miha Humarja.

Mentor: prof. dr. Franc Pohleven

Recenzent: doc. dr. Miha Humar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Primož Osterman

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*844.4
KG	les/zaščita lesa/glive modrivke/biocidi
AV	OSTERMAN, Primož
SA	POHLEVEN, Franc (mentor)/HUMAR, Miha (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2010
IN	UČINNKOVITOST NOVEJŠIH BIOCIDNIH PRIPRAVKOV PROTI GLIVAM MODRIVKAM
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 61 str., 23 pregl., 35 sl., 29 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na področju biocidne zaščite lesa je zakonodaja vedno strožja, vse večja je tudi okoljska ozaveščenost uporabnikov. Smiselno je razvijati človeku in okolju bolj prijazne ciljno usmerjene biocidne pripravke. Izvedli smo zaščito lesenih vzorcev z 8 novjšimi biocidnimi pripravki po standardu SIST EN 152/1 in preučili učinkovitost biocidnih pripravkov proti glivam modrivkam. Lesene vzorce smo pripravili iz beljave bora (<i>Pinus sylvestris</i>) po standardu SIST EN 152/1. Biocidni pripravki, razen enega (RB), so vsebovali kombinacijo IPBC-ja in propikonazola. Preučili smo tudi vpliv umetno pospešenega staranja na stabilnost pripravkov. Poizkus smo izvedli s testnima glivama <i>Aureobasidium pullulans</i> in <i>Sclerophoma pithyophilla</i> katere predpisuje standard SIST EN 152/1. Po 6-tedenski izpostavitvi vzorcev v rastni komori smo ocenili stopnjo pomodrelosti. Umetno pospešeno staranje je poslabšalo učinkovitost vseh biocidnih pripravkov. Izjemi, pri katerih je staranje minimalno vplivalo na njihovo učinkovitost, sta bila vzorca zaščiteni na testni površini z biocidnimi pripravki - Vi in IPBC+P+A. Ugotovili smo, da je najučinkovitejši biocidni pripravek – Vi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 630*844.4

CX wood/wood preservation/blue stain fungi/biocides

AU OSTERMAN, Primož

AA POHLEVEN, Franc (supervisor)/HUMAR, Miha (co-advisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2010

TI EFFICIENCY OF NEW BIOCIDAL PREPARATIONS AGAINST BLUE STAIN FUNGI

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 61 p., 23 tab., 35 fig., 29 refs.

LA sl

AL sl/en

AB In the field of biocide protection of wood the legislation is more and more rigorous; environmental awareness of users is getting high. That is why it is reasonable to develop more environment and human friendly wood preservatives. Protection of wooden samples was performed using 8 new biocide formulations, according to standard SIST EN 152/1. The efficiency of biocide preparations against blue stain fungi was investigated. Wooden samples were prepared from pine sapwood (*Pinus sylvestris*) according to standard SIST EN 152/1. With the exception of one (RB), biocide preparations contained combination of IPBC and propiconazole. The impact of artificially accelerated aging on stability of biocide preparations was also studied. The experiment was done with test fungus *Aureobasidium pullulans* and *Sclerophoma pithyophilla* including standard SIST EN 152/1. After being exposed for 6 weeks in growth chamber, the degree of turning blue was evaluated. Artificially accelerated aging impaired the effectiveness of all biocide preparations. Exceptions, where aging had minimum impact on their effectiveness, were just the samples protected on surface areas with Vi and IPBC+P+A biocide preparations. We found out that the most effective biocide preparation was Vi.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	IX

1 UVOD	VII
1.1 OBRAZLOŽITEV PROBLEMA	Napaka! Zaznamek ni definiran.
1.2 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2 PREGLED OBJAV	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.1 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.2 ZAKONODAJA NA PODROČJU ZAŠČITE LESA	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3 GLIVE	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3.1 Plesni.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3.2 Glive modrivke.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3.3 Rjava ali destruktivna trohnoba	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3.4 Bela ali korozivna trohnoba	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.3.5 Meha trohnoba ali soft rot.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4 ZAŠČITA LESA.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.1 Nekemična zaščita lesa	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.1.1 Pravilno ravnanje z lesom	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.1.2 Konstrukcijska zaščita lesa.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.1.3 Načini biološke zaščite lesa	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.1.4 Biotehniška zaščita	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.2 Kemična zaščita lesa	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.2.1 Postopki zaščite lesa	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.3 Zaščitna sredstva za les	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.3.2 Anorganska zaščitna sredstva.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.3.3 Organska zaščitna sredstva.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
2.4.3.4 Novejši biocidi.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.

- 2.4.3.5 Najpomembnejši biocidi za zaščito lesa..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 3 MATERIALI IN METODE Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 3.1 MATERIALI Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 3.2 METODE..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4 REZULTATI..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.1 KONTROLNI VZORCI - K Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2 BIOCIDNI PRIPRAVKI Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.1 Raztopina boratov (9% B kot biocida, brez veziva) - RB..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.2 Vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 8,4% suhe snovi) - VI..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.3 IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%) - IPBC+P Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.4 Vodna impregnacija brez propikonazola (IPBC 0,32%, alkidna emulzija) - VI-P..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.5 Industrijska vodna impregnacija extra (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 6 % suhe snovi) - IVI EXTRA..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.6 Industrijska vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; akril) - IVI Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.7 Konkurenčna vodna impregnacija (IPBC 0,18%, akril) - KVI... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 4.2.8 Razvojni vzorec, Neocryl XK 84 (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; hibridno vezivo alkid-akril) - NEOCRYL..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 5 RAZPRAVA IN SKLEPI..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 5.1 RAZPRAVA Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 5.2 SKLEPI..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 6 POVZETEK..... Napaka! Zaznamek ni definiran.
- 7 VIRI Napaka! Zaznamek ni definiran.

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Naravna odpornost jedrovine lesnih vrst (SIST EN 350/2, 1995). Beljava vseh lesnih vrst je uvrščena v 5. razred..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 2: Evropski razredi izpostavitve lesnih izdelkov škodljivcem glede na mesto uporabe (prirejena po SIST EN 335/1 1995) **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 3: Uporaba in okoljska primernost posameznih mešanic anorganskih soli **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 4: Okoljska primernost, uporaba in delovanje organskih zaščitnih sredstev **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 5: Imena biocidnih pripravkov in število nestaranih in umetno staranih vzorcev, ki so bili uporabljeni pri poizkusu učinkovitosti biocidov proti glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 6: Ocena pomodrelosti površine vzorcev (SIST EN 152/1) **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 7: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 8: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja vzorcev zaščitnih z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 9: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitnih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 10: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitnih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 11: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitnih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 12: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitnih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 13: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitnih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 14: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitnih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 15: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitnih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

- Preglednica 16: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 17: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 18: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 19: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 20: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 21: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 22: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Preglednica 23: Učinkovitost biocidnih pripravkov (povprečne ocene) **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

KAZALO SLIK

- Slika 1: Osem biocidnih pripravkov, ki so bili uporabljeni pri raziskavah diplomskega dela **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 2: Umetno pospešeno staranje lesa – Del naprave, kjer se izvaja faza sevanja in mirovanja **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 3: Kultura gliv *Aureobasidium pullulans* (levo) in *Sclerophoma pithyophilla* (desno) po tednu dni na stresalniku ob konstantnem stresanju 80 obratov/minuto. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 4: Pomodrele površine kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 5: Obarvan presek kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam ... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 6: Pomodrele površine vzorcev zaščiteneh z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 7: Neobarvan presek vzorcev zaščiteneh z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 8: Nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 9: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 10: Nepomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 11: Minimalno obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 12: Pomodrele površine nestaranih vzorcev zaščiteneh z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 13: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščiteneh z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 14: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščiteneh z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam . **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 15: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščiteneh z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 16: Minimalno oziroma nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 17: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

- Slika 18: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 19: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 20: Minimalno pomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 21: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 22: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 23: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 24: Minimalno oziroma nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 25: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 26: Minimalno oziroma nepomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 27: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z Industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 28: Minimalno oziroma nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 29: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 30: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 31: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam .. **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 32: Nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- Slika 33: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

Slika 34: Minimalno oziroma nepomoderle površine umetno staranih vzorcev
zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam
..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

Slika 35: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem
Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam**Napaka! Zaznamek ni definiran.**

1 UVOD

1.1 OBRAZLOŽITEV PROBLEMA

Les je naravni material, ki nas v različnih oblikah spremlja na vsakem koraku. Zaradi svojih uporabnih lastnosti spada med najpomembnejše surovine in gradiva. Lesni izdelki so ves čas izpostavljeni različnim biotičnim in abiotičnim dejavnikom razgradnje. Abiotični so dejavniki nežive narave (UV svetloba, padavine, kisik, temperaturne spremembe, ogenj...) in delujejo mehansko, fizikalno in kemijsko. Ti dejavniki povzročajo počasen razvoj poškodb, kot so razpoke, spremenjena barva, reliefnost in kosmatost površine. Biotični dejavniki so dejavniki žive narave (glive, insekti, bakterije) in uničijo les hitreje ter izraziteje. Najpomembnejši škodljivci so glive in insekti, ki bistveno poslabšajo mehanske lastnosti lesa. Po drugi strani se pri okužbi z glivami modrivkami les le estetsko razvrednoti in se ne poslabša mehanskih lastnosti lesa.

Glive, povzročiteljice modrenja lesa, imenujemo modrivke. Povzročajo globinsko obarvanje beljave iglavcev in nekaterih listavcev. Modrivke obarvajo beljavo v modrih, zelenih, sivih in črnih barvnih odtenkih. Najpogosteje se pojavijo spomladi in jeseni na sveže posekani hlodovini ter na žagarskih Sortimentih z visoko vsebnostjo vlage. Glive modrivke največkrat zasledimo na beljavi bora, smreke, macesna, duglazije. Opazimo pa jih tudi pri jelki in na nekaterih listavcih kot so topol, javor, breza, bukev, jesen, platana, lipa. Iglavci so ponavadi dovzetnejši za okužbo z glivami modrivkami kot listavci. Zaradi okuženega lesa se uporabnost in vrednost le-tega zmanjša.

Za preprečitev modrenja lahko uporabimo več oblik zaščite. Ena od teh je, da les zaščitimo z ustreznimi biocidi. Vendar smo v zadnjih letih uporabo številnih biocidov prepovedali ali močno omejili. Zato se v zadnjem času, zaradi potencialne nevarnosti za okolje in človeka odločamo za novejša načine zaščite (Ribič, 2006). Tako je smiselno razvijati in uporabljati okolju bolj prijazna kemična zaščitna sredstva, ki bi na škodljivce delovala čim bolj selektivno. Pobuda za raziskavo je prišla iz podjetja Helios Group, Belinka Belles d.o.o. Na osnovi rezultatov se bodo v Belinki odločili za nadaljnji razvoj pripravkov učinkovitega proti modrenju.

1.2 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Namen diplomskega dela je ugotoviti učinkovitost novjših in okolju prijaznejših biocidnih pripravkov za zaščito lesa proti glivam modrivkam. Z laboratorijskim testiranjem smo poskušali ugotoviti, kateri biocid oziroma kombinacija biocidov (bor, IPBC in propikonazol) z različnimi vezivi (alkidna emulzija, brez veziva, akrilna disperzija in hibrid) najbolj učinkovito zaščiti les pred glivam modrivkam. Izvedli smo tudi umetno pospešeno staranje, kajti stabilnost zaščitnih pripravkov je pomembna za dolgotrajno zaščito lesa pred modrenjem.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA

Les je s svojo kemijsko sestavo in anatomsko zgradbo sorazmerno dobro zavarovan pred škodljivci. Govorimo o naravni odpornosti, ki je odvisna od kemične in anatomske zgradbe lesa. Naravna odpornost lesa je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in pomeni dovzetnost za škodljivce (Pohleven, 2008).

Naravna odpornost je odvisna zlasti od kemičnih sestavin lesa, ki jih imenujemo ekstraktivne ali akcesorne sestavine. To so snovi, ki se iz lesa ekstrahirajo z različnimi topili. Ekstraktivne sestavine lesa so: škrob, sladkorji, beljakovine, smole, tanini, barvila, pektini, alkaloidi, glikozidi, fenoli... Škrob, sladkor, beljakovine povečajo dovzetnost na škodljivce, inhibitorne snovi (smole, tanini, barve, pektini, alkaloidi, glikozidi, fenoli...) pa zavirajo ali preprečujejo napad in povečajo naravno odpornost posameznih vrst lesa (Kervina-Hamović, 1990).

Naravna odpornost je odvisna od drevesne vrste in lokacije rasti drevesa ter od časa sečnje. Najbolj odporen je les, ki je posekan pozimi, ko se v lesu izrabijo rezervne hranljive snovi. So pa tudi lesne vrste, ki že po naravi vsebujejo veliko inhibitornih substanc (tanine, alkaloidi, smole,...). Glede na rastišče (proti polu v visokogorju), kjer je krajša vegetacijska doba, pa ima les zelo gosto strukturo in je bistveno bolj odporen kot les z velikim letnim prirastkom oziroma s širokimi branikami. Kakorkoli, les, ki vsebuje inhibitorne snovi in je zelo goste strukture (hrast, robinja, negnoj, kostanj), ima največjo naravno odpornost (Pohleven, 2008).

Lesni izdelki iz najbolj odpornih vrst lesa vzdržijo v izpostavljenih razmerah (v stiku z zemljo ali vodo) tudi do 20 let (preglednica 1). Tako že pri načrtovanju izdelka, glede na njegovo uporabo, izberemo ustrezno odporen les oz. drevesno vrsto (Pohleven, 2008). Večina slovenskih lesnih vrst ima malo odporen oz. neodporen les. To pomeni, da je tak les, zaradi svoje anatomske zgradbe in kemične sestave, dovzeten za napade lesnih škodljivcev (Podlesnik, 2007).

Preglednica 1: Naravna odpornost jedrovine lesnih vrst (SIST EN 350/2, 1995). Beljava vseh lesnih vrst je uvrščena v 5. razred.

Razred odpornosti	Opis	Trajnost lesa (leta)*	Lesna vrsta
1	Zelo odporen	20+	robinja (1-2), iroko, tik
2	Odporen	15-20	tisa, kostanj, dob
3	Zmerno odporen	10-15	macesen, bor (3-4), duglazija, oreh , cer
4	Malo odporen	5-10	jelka, smreka, brest
5	Neodporen	≤5	javor, jelša, gaber, breza, bukev, jesen, topol, lipa

* Trajnost lesa velja za les v stiku z zemljo

Trajnost lesa je čas, v katerem lesni izdelek ohrani vse svoje naravne lastnosti. Odvisna je od naravne odpornosti lesa in načina vgradnje ter mesta uporabe. Veliko bolj kot naravna odpornost, vpliva na trajnost izdelka njegova izpostavljenost škodljivcem. Vsak organizem namreč lahko uspeva le pri njemu primernih pogojih, med katerimi sta najpomembnejša dejavnika ustrezna temperatura in vlažnost lesa (Pohleven, 2008).

Trajnost oziroma življenjsko dobo izdelka lahko danes podaljšamo z ustrezno kemično zaščito. Vendar z uporabo zaščitnih sredstev povzročamo nezaželene učinke v naravi. Zato moramo paziti na škodljivost sredstva za človeka in okolje. Vrsto biocida izbiramo glede na razred izpostavitve in drevesno vrsto. Vsak razred izpostavite pa glede na mesto uporabe zahteva drugačno stopnjo zaščite glede na potencialne škodljivce (preglednica 2) (SIST EN 335/1, 1995).

Preglednica 2: Evropski razredi izpostavitve lesnih izdelkov škodljivcem glede na mesto uporabe (prirejena po SIST EN 335/1 1995)

Razred	Mesto uporabe/vlažnost lesa	Ogroženost zaradi			
		Insekti	glive	modrivke	izpiranje
1	Nad tlemi, pokrito-vedno suho (pod 20%)	+	-	-	-
2	Nad tlemi, pokrito-nevarnost močenja (občasno 20%)	+	+	-	-
3	Nad tlemi, nepokrito-pogosto močenje (pogosto 20%)	+	+	-/+	+
4	V tleh ali sladki vodi (stalno nad 20%)	+	+	+	+
5	V morski vodi (stalno nad 20%)	+	+	+	+

2.2 ZAKONODAJA NA PODROČJU ZAŠČITE LESA

Uporaba kemikalij je v EU vedno ostreje regulirana. Na področje zaščite lesa je v zadnjem času še posebej posegla Direktiva o biocidih (BDP) (98/8/EC). Pred uveljavitvijo direktive je bilo na trgu 81 učinkovin za zaščito lesa, danes pa se jih v ta namen lahko uporablja le še 35. Pričakovati je, da se bo to število po preverjanju okoljsko-toksikoloških dosjejev še zmanjšalo. Vsi zaščitni pripravki, ki vsebujejo biocide in jih BDP ne odobrava, so bili v septembru 2006 umaknjeni s trga. Direktiva uvršča biocide v 23 različnih tipov, med njimi 8. tip, ki vključuje učinkovine za zaščito lesa (Pripravki za konzerviranje lesa). BDP definira zaščitna sredstva za les kot pripravke, ki jih uporabljamo za zaščito lesa pred nezaželenim obarvanjem zaradi okužbe z glivami in plesnimi, pred trohnenjem, pred insekti in tudi pred gorenjem. Zaščitne pripravke v skladu z BDP lahko uporabljamo v preventivne, naknadne in represivne namene.

Aktivne učinkovine, ki jih ni bilo na trgu pred 14. majem 2000, so uvrščene v skupino novih biocidov. Ob registraciji nove aktivne učinkovine je treba priložiti celotno toksikološko in okoljsko dokumentacijo. Pridobivanje teh informacij je dolgotrajno in drago. Za razvoj posamezne učinkovine stane do milijone EUR. Predstavniki industrije pa se pritožujejo, da se ti stroški še povečujejo. Zahtevan postopek registracije je že upočasnil razvoj in registracijo novih aktivnih učinkovin. Zato pričakujemo, da se bo razvoj usmeril v optimizacijo sestave obstoječih proizvodov in ne v raziskave novih. Nove zaščitne učinkovine bodo zato razvijale le še največje družbe. Tako se bo po vsej verjetnosti zmanjšalo število proizvajalcev biocidov in povzročilo nove monopole.

Poleg direktive o biocidih je na branžo vplivala tudi Direktiva o hlapnih organskih topilih (2004/42/CE, 2004). Ta direktiva definira maksimalen delež organskih topil v zaščitnem pripravku. V kolikor presežemo predpisan delež, moramo zagotoviti drag sistem za lovljenje par in recikliranje topil. Ta zahteva je eden izmed razlogov, da je večino v vodi netopnih biocidov moč dobiti tudi v obliki vodnih emulzij.

Na kemijsko industrijo pa bo v bližnji prihodnosti zelo vplival zakonodajni paket REACH. Sistem REACH je eden od najobsežnejših in najkompleksnejših zakonodajnih projektov EU v zadnjih nekaj letih, na področju kemikalij in kemijske varnosti pa najpomembnejši nasploh. REACH uvaja nov pristop k sistemu nadzora nad proizvodnjo, prometom in uporabo kemikalij in proizvodov, ki vsebujejo nevarne snovi. Nastal je na podlagi izkušenj in pomanjkljivosti dosedanjih procesov na področju kemikalij in kot tak združuje ter nadomešča blizu 40 sedaj veljavnih direktiv, uredb in predpisov. Nova kemijska zakonodaja vzpostavlja sistem Registracije, Evalvacije (ocenjevanja) in Avtorizacije Kemikalij. Določbe uredbe REACH veljajo za kemijske snovi in to samostojne ali kot sestavine pripravkov oziroma izdelkov. Uredba naj bi poleg varovanja zdravja in okolja zagotovila tudi prosti pretok tovrstnih snovi znotraj EU. Temeljno vodilo uredbe je, da morajo proizvajalci, uvozniki in tisti, ki kemikalije prodajajo, zagotoviti, da uporaba kemikalije ne bo negativno vplivala na zdravje ljudi in okolje. Glavno oporo temu ravnanju predstavlja načelo previdnosti (Humar, 2008).

2.3 GLIVE

Glive so bile dolgo časa uvrščene v rastlinsko kraljestvo in so spadale med nižje rastline. Danes pa glive od leta 1969 po zaslugi Whittakerja uvrščamo v samostojno kraljestvo (Carlile in Watkinson, 1994).

Glive so sestavljene iz dveh delov: prehranjevalnega in razmnoževalnega dela. Prehranjevalni del predstavljajo zelo tanke niti ali hife, ki razkrajajo substrat in črpajo iz njega hranljive snovi, ki jih potrebujejo za svoj obstoj. Preplet hif sestavlja micelij ali podgobje.

Načini, po katerih se lahko glive širijo po lesu (Gorišek, 2006):

- po lumnih celic vzdolž lesnih vlaken,
- v radialni smeri po parenhimskih celicah strženovih trakov,
- preko pikenj v radialni smeri,
- skozi odprtine v lumnih, ki si jih naredijo same,
- skozi celično steno z mehansko silo (hifa se zoži in prodre skozi celično steno in nato se na drugi strani ponovno odebeli).

Med glivami škodljivkami lesa so pomembne predvsem naslednje tri skupine:

1. Ascomycotina (zaprtotrosnice) - glive, ki povzročajo različna obarvanja (modrivke, plesni, mehka trohnoba ali soft rot, piravost),
2. Basidiomycotina (prostotrosnice) - glive, ki so razkrojevalke lesa. Te okužujejo les v različnih oblikah in stanjih ter skoraj na vseh klimatskih območjih: rjava ali destruktivna trohnoba, bela ali korozivna trohnoba,
3. Deuteromycotina ali Fungi imperfecti (nepopolne glive) - glive, ki povzročajo bolezni rastlin (paraziti), vendar so vanjo uvrščene tudi vrste, ki okužujejo les in povzročajo: mehko trohnobo ali soft rot, različna globinska in površinska obarvanja, plesni (Pohleven, 2004).

Okužba lesa z glivami se najprej pokaže v spremembi naravne barve lesa, zatem začne les izgubljati težo in naposled tudi trdnost in vse druge lastnosti. Na osnovi karakterističnih poškodb lesa pa lahko glive razvrščamo v naslednje skupine:

1. glive plesni, povzročajo površinska obarvanja
2. glive modrivke, povzročajo globinsko obarvanje beljave
3. glive povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe
4. glive povzročiteljice bele ali korozivne trohnobe in
5. glive mehke trohnobe (Pohleven, 2004; Gorše, 2005)

2.3.1 Plesni

Že s prostim očesom lahko ugotovimo, ali gre za plesni, ki povzročajo le površinsko spremembo barve lesa. Les, okužen s plesnimi, je najrazličnejših barv in odtenkov: od rožnatih, rdečih, oranžnih, rjavih, zelenih, modrih, sivih do črnih. Tudi obarvanost je tipično razporejena po površini lesa. Lahko je pikčasta, pegasta ali kot madež. Le redko pa je celotna površina enakomerno obarvana (Benko, 1987). Les je po okužbi s plesnimi še vedno uporaben in okužba ne predstavlja velike ekonomske škode. Madeže na lesu lahko z brušenjem v celoti ali delno odstranimo.

2.3.2 Glive modrivke

Glive modrivke povzročajo globinsko obarvanost beljave iglavcev (smreka, bor) in redkeje nekaterih listavcev (topol, breza, lipa). Glive modrivke lahko v ugodnih pogojih proizvedejo veliko število trosov dnevno (10^5 do 10^{10}). Trosi se prenašajo po zraku, z insekti, z vodo in tudi z orodjem s katerim obdelujemo les. Če pade tros neposredno na beljavo, so omogočeni pogoji, da se iz njega razvije mlada hifa, ki začne hitro prodirati po strženovih trakovih in preko pikenj po trahejah beljave (s površine v notranjost). Preplet hif predstavlja micelij, ki z izločanjem encimov razgrajuje ekstraktivne organske snovi parenhimskih celic beljave (škrob, beljakovine, sladkor) (Ribič, 2006). Nato se podgobje razraste in na površini začno tvoriti plodišča, na katerem nastajajo ogromna števila trosov. Modrenje lesa povzroča veliko vrst gliv. Najpomembnejši med njimi pa sta *Sclerophoma pithyophilla* in *Aureobasidium pullulans*.

Temperaturni interval, v katerem se razvijajo glive modrivke je med 5 in 35 °C. Optimalna temperatura za njihov razvoj gliv je med 22 in 27 °C. Optimalna vlaga lesa pa je med 50 in 60 %. Vlažnost lesa, ki ustavi razvoj gliv modrivk pa je pod 23 % in višja od 160 % (Ribič, 2006). Ob zagotavljanju neustreznih pogojev uspešno preprečujemo modrenje lesa, kar pomeni da zaščitimo les po naravni poti.

Glive modrivke se hranijo predvsem z vsebino živih celic iz beljave lesa, kjer se razvijajo. Zato glive, ki povzročajo obarvanje lesa (modrivke, plesni), praviloma ne vplivajo na mehanske lastnosti lesa, ker ne razgrajujejo celuloze in lignina.

Glive modrivke največ škode povzročijo na sveže posekanem drevju v gozdu in skladiščih. Lahko pa okužijo tudi iverje za izdelavo plošč in papirja ter na gradbenem, stavbnem in površinsko premazanem lesu (Vek, 2007). Pomodrel les, zaradi estetskih razlogov, ni več primeren za vsestransko uporabo. Uporabimo ga lahko na mestih, kjer se ga ne vidi in v primeru, da lakiramo izdelke s pokrivnimi barvami. Vendar je oprijem premazov na pomodrel les slabši.

2.3.3 Rjava ali destruktivna trohnoba

Glive povzročiteljice rjave trohnobe, razkrajajo celulozo in hemicelulozo, lignin pa pustijo nerazkrojen. Pribitek oksidiranega lignina povzroča, da les postaja vse temnejši. Razkroj počasi napreduje, kar daje lesu vedno bolj temno rjavo barvo ter se ponavadi začne lomiti v obliko prizem (Richardson, 1993). V končni stopnji je les že tako krhek, da ga že s pritiskom rok zdrobimo (Benko, 1987). Izdelek v tej fazi lahko samo še odstranimo ali pa ga skurimo, saj smo prepozni za kakršnokoli obnovo.

Po podatkih iz študij obstaja vsaj 106 vrst gliv, ki povzročajo rjavo trohnobo. Najpogostejše prihajajo iz skupine bele hišne gobe (*Antrodia* sp.) poznamo pa še ostale: kletna goba (*Coniophora puteana*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), luskasta nazobčenka (*Lentinus lepideus*), tramovke (*Gloeophyllum trabeum* in *Gloeophyllum saepiarium*) (Eaton in Hale, 1993; Humar in Pohleven, 2000).

2.3.4 Bela ali korozivna trohnoba

V primeru, ko les postaja vse svetlejši od svoje naravne barve, lahko sklepamo, da je okužen z glivami, ki povzročajo belo ali korozivno trohnobo. Te glive so usmerjene predvsem v razgradnjo lignina in zaradi tega postaja les vse svetlejši od svoje naravne barve. Les se pri tej okužbi vlaknasto ali lamelno cepi (Benko, 1987).

Na mikromorfološki in kemični stopnji bi lahko ločili glive povzročiteljice bele trohnobe ter glive povzročiteljice tako imenovane "sočasne trohnobe". Glive bele trohnobe razgradijo najprej lignin in hemicelulozo, medtem ko povzročiteljice sočasne trohnobe hkrati razgradijo lignin, hemicelulozo in celulozo (Eaton in Hale, 1993). Glive povzročiteljice bele trohnobe pogostejše okužijo les listavcev kot iglavcev. Med najpogostejšimi so: pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), grbasta ploskocevka (*Trametes gibbosa*), kosmata ploskocevka (*Trametes hirsuta*), dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*), škrlatnordeča slojevka (*Chondrostereum purpureum*), pahljačica (*Schizophyllum commune*) in štorovka (*Armillariella mellea*) (Podlesnik, 2007).

2.3.5 Meha trohnoba ali soft rot

Povzročiteljice mehke trohnobe se hranijo predvsem s celulozo in hemicelulozo, ob nekoliko nižji vlagi pa lahko tudi z ligninom (Pohleven, 2000). Okužba se po navadi pojavi, kadar zaradi različnih dejavnikov (previsoke vlažnosti, slabih zračnih pogojev) okužba bolj aktivnih in tekmovalnih gliv iz skupine *Basidiomycotin* ni mogoča (Eaton in Hale, 1993). Razkroj se začne najprej na površini in se širi v notranjost lesa. Les postaja vse bolj mehak ter izrazito temne barve. Pri tej okužbi se les vlaknasto cepi, podobno kot pri beli trohnobi (Benko, 1987). Pri suhem lesu pa se pojavijo podobne razpoke kot pri rjavi trohnobi, le da so bolj plitke. Nekateri predstavniki gliv, ki povzročajo mehko trohnobo so: *Cheatomium globosum*, *Lecythophora hoffmannii*, *Monodictys putredinis*... (Podlesnik, 2007).

2.4 ZAŠČITA LESA

Zaščita lesa je interdisciplinarna biotehniška veda in je kompleksna, saj zajema nekatera področja biologije, kemije, fizike, tehnologije in delno posamezne gospodarske panoge kot so: lesarstvo, gradbeništvo, promet, kmetijstvo, elektrotehniko, telekomunikacije in druge. Zaščita lesa kot veda preučuje povzročitelje razgradnje lesa, jih kvalificira in določa njihov ekonomski pomen ter preučuje učinkovite in racionalne ukrepe za povečanje trajnosti lesa. Trajnost lesa najbolj učinkovito podaljšamo s kemično zaščito. Pred lesnimi škodljivci varujemo les predvsem z globinsko zaščito oziroma z impregnacijo. Seveda pa lahko zaščita lesa z biocidi onesnažuje okolje ter škodljivo deluje na človeka. Kemična zaščita lahko pomeni nevarnost pri:

- postopkih proizvodnje zaščitnih sredstev in njihove distribucije,
- postopkih zaščite lesa,
- uporabi zaščitenega lesa in,
- odlaganju odpadnega in odsluženega zaščitenega lesa.

Če je le mogoče, naj bi se pri zaščiti lesa izogibali uporabi kemijskih zaščitnih sredstev-biocidov. Nekemijski ukrepi zaščite imajo prednost pred kemijskimi, kar je in bo v prihodnosti še bolj aktualno, ko se bodo pogoji varstva še bolj zaostрили (Pohleven in Petrič, 1992).

Raziskave v svetu na področju zaščite lesa intenzivno potekajo v dveh smereh (Pohleven in Petrič, 1992):

- razvoj in uveljavljanje biološke zaščite ter
- razvijanje novih kemijskih sredstev in postopkov zaščite.

2.4.1 Nekemična zaščita lesa

Biološka zaščita lesa predstavlja postopke, ki na naraven način zavaruje les pred škodljivci. Pri tem lahko uporabljamo zaščitna sredstva, vendar morajo biti le ta naravna oz. biološko razgradljiva. Z biološko zaščito ne dosežemo popolne zaščite lesa, ampak škodljivce le zatiramo, in sicer, v lesu ustvarimo takšne razmere, da onemogočimo razvoj škodljivcev. Zato pod biološko zaščito najprej omenjamo pravilno ravnanje z lesom in šele nato druge bolj zapletene in ekološko oporečne postopke (Pohleven in Petrič, 1992).

2.4.1.1 Pravilno ravnanje z lesom

a) Zaščita lesa v gozdu

Prvi ukrep je pregled drevesa pred posekom ali po poseku, da ocenimo zdravstveno stanje drevesa. Pri tem pregledu ugotavljamo morebitne poškodbe, ki jih povzročajo primarni insekti in fakultativno parazitske glive. Pri pregledu že posekanega drevesa (hlodovina) pa ugotavljamo morebitno škodo zaradi sekundarnih insektov in gliv. Če napadeni les pravočasno izločimo, preprečimo prenos škodljivcev na skladišča ali nadaljnja mesta, kjer bo les vgrajen (Kervina-Hamović, 1990).

Za odpornost lesa je pomemben tudi čas sečnje. Najbolj primeren je pozimi ali v začetku spomladi, saj takrat posekani les vsebuje malo vode in majhne količine topnih hranilnih snovi (beljakovine, sladkorji, škrob). Takrat posekan les je bolj odporen pred okužbo z glivami in napadom insektov (Pohleven in Petrič, 1992).

Pomemben ukrep je tudi pravočasno spravilo hlodovine iz gozda in da je primerno posušena. Najbolje pa je, da je sproti predelamo. Če je pravočasno spravilo lesa iz gozda nemogoče, je pri iglavcih potrebno olupiti skorjo, očistiti teren, postaviti vabe, pri listavcih pa premazovati čela.

b) Zaščita lesa na skladiščih lesnopredelovalne industrije

Na lesnih skladiščih so zbrane velike količine lesa in sicer največ v obliki hlodovine, ki jo pripeljejo iz gozda. Hlodovina, ki čaka na razrez, je izpostavljena klimatskim dejavnikom in lesnim škodljivcem, zato je treba na skladiščih dosledno izvajati preventivne zaščitne ukrepe.

Zaščitni ukrepi na skladiščih so:

- strokovni pregled hlodovine, ki prispe iz gozda. Pri tem na lesu ugotovimo morebitne poškodbe z insekti ali glivami. Okužen les po navadi najprej razžagamo in osušimo na naraven ali umeten način v sušilnici,
- razžagane sortimente zlagamo v zložaje, hlodovino pa na kupe in sicer tako, da je omogočeno kroženje zraka, ki suši les. Kupi ali zložaji morajo biti odmaknjeni od tal približno pol metra med zložaji pa naj bo razmak približno dva metra,
- redno vzdržujemo higieno skladišča. Odstraniti moramo lesne ostanke, lubje, plevel...,
- izbrati moramo ustrezno lokacijo skladišča in sicer mora biti kraj skladiščenja suh, ter imeti mora urejeno odvodnjavanje vode (drenažo),
- hlodovino lahko zaščitimo tudi z rednim močenjem lesa in sicer z namakanjem v bazenih ali brizganjem z vodo,
- za zaščito lesa na skladiščih lahko uporabimo tudi pasti opremljene s feromonsko vabo, s katerim zmanjšamo populacijo insektov,
- velik poudarek na skladiščih pa moramo dati zaščitnim ukrepom pred požarom (prepoved uporabe odprtega ognja, vzdrževanje gasilnih naprav,...) (Pečenko, 1987; Kervina-Hamović, 1990).

2.4.1.2 Konstrukcijska zaščita lesa

Če v lesu zagotovimo za škodljivce neustrezne razmere, do pojava le teh ne bo prišlo. Zračno suh les je popolnoma varen pred okužbo z vsemi vrstami gliv in napadom večine insektov. Zato moramo z ustrezno konstrukcijo zagotoviti, da bodo izdelki ves čas suhi oz. čim manj podvrženi vlaženju. Konstrukcijske rešitve predstavljajo najbolj naraven način zaščite in če so izdelki narejeni iz jedrovine odpornejših vrst lesa, so varni pred večino škodljivcev, ne da bi jih zaščitili z biocidi (Pohleven, 2008).

Izdelkom lahko zelo izboljšamo pogoje z gradbeno tehničnimi rešitvami. Že naklon strehe ter večji napušč, pomik stavbnega pohištva v notranjost fasade, zračni kanali na zunanji strani toplotne izolacije, pokritost balkonov in teras, orientacija lesenega opaža in odkapalni nosovi lahko bistveno prispevajo k trajnosti izdelka (Pohleven, 2008).

2.4.1.3 Načini biološke zaščite lesa

V svetu namenjajo velik pomen raziskavam na področju biološke zaščite lesa. Za biološko zaščito uporabljamo naravne sovražnike lesnih insektov, kot so predatorji in paraziti iz skupine žuželk ter mikroorganizme (virusi, bakterije in glive), povzročiteljice bolezni. Prednost biološkega zatiranja je v tem, da so te dejavniki v naravi že prisotni. Pri glivah so za zaščito lesa zanimivi predvsem antagonistični odnosi med samimi glivami ali glivami in bakterijami. Les umetno okužimo s takšnimi glivami, ki ne razgrajujejo lesa, hkrati pa onemogočijo razvoj višjim glivam, pravim razkrojevalkam lesa in nekaterim insektom. Z biološkimi metodami zaščite pa moramo zelo pazljivo posegati v naravo, ker lahko sicer z vnosom teh organizmov povzročimo nezaželene ekološke spremembe (Pohleven in Petrič, 1992).

2.4.1.4 Biotehniška zaščita

Pri biotehniški zaščiti uporabimo fizikalne in kemične metode za zaščito lesa. S fizikalnimi metodami predvsem privabljamo lesne insekte z zvokom ali s svetlobo. Ujete v past pa nato uničimo. Metoda omogoča predvsem redukcijo insektov na skladiščih in konstrukcijah, ne zagotavlja pa popolne zaščite lesa.

Pri kemijskih metodah uporabljamo naravne snovi, ki lahko direktno ali indirektno učinkovito delujejo na škodljivce. Na direkten način delujejo raznovrstne naravne substance, ekstrahirane iz različnih organizmov. Mnogi organizmi vsebujejo metabolite, ki zaviralno vplivajo na rast drugih organizmov. Ti metaboliti lahko delujejo na lesne škodljivce kot antibiotiki ali toksini. Pomembno je, da delujejo čim bolj selektivno in so biološko razgradljivi. Na indirektnen način lahko delujejo razne privabljalne kemijske snovi, kot so feromoni, s katerimi se med seboj sporazumevajo žuželke. V zaščiti lesa se najpogosteje uporabljajo spolni in agregacijski feromoni. Za privabljanje partnerja samec ali samica izloči spolne feromone, medtem ko agregacijski feromoni privabljajo osebe iste vrste, da se združujejo. Znanstveniki so na osnovi naravnih feromonov razvili umetne snovi z istim učinkom. Feromone nastavimo v pasti. Le ti privabijo insekte in nato ujete insekte uničimo (Pohleven in Petrič, 1992).

2.4.2 Kemična zaščita lesa

Kemično zaščito uporabljamo le tam, kjer je nujno potrebna, kjer moremo preprečiti delovanja škodljivcev na okolju prijaznejši način. Biocidne pripravke vnesemo v les in ga s tem zaščitimo tako, da postane za škodljivce strupen oz. odbijajoč.

S stališča napadenosti lesa s škodljivci delimo kemično zaščito na:

- preventivno kemično zaščito lesa (v les vnašamo zaščitna sredstva, ko ta še ni uporabljen oziroma napaden s škodljivci),
- naknadno kemično zaščito lesa (ko želimo poprej impregniranemu lesu ali neimpregniranemu lesu podaljšati zaščito),
- represivno kemično zaščito lesa (zaščito lesa izvajamo, ko je les že napaden z lesnimi škodljivci) (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.2.1 Postopki zaštite lesa

Biocidne pripravke moramo na nek način vnesti v les. Poznamo več načinov. Najenostavnejši način je premazovanje, vendar pri tem postopku aktivne snovi prodrejo le milimeter ali dva globoko. Ta postopek je primeren za les, ki ga uporabljamo v prvem in drugem razredu izpostavitve (preglednica 2). Postopek s katerim dosežemo boljši navzem in globino prodora aktivnih snovi je potapljanje daljše od 30 min. Najbolj učinkoviti pa so vakuumsko/tlačni kotelski postopki, s katerimi zagotovimo, da zaščitni pripravki prodrejo več kot en cm v les, in s tem zadostimo zahtevam standarda za uporabo zaščenega lesa v siku z zemljo. Uveljavljajo pa se še drugi alternativni postopki kot sta plinski postopek zaštite s trimetilboratom in superkritični postopek (Humar, 2008).

Navzem je količina zaščenega sredstva, ki je med postopkom impregnacije prodrla v les in ga izražamo v kg/m^3 ali L/m^3 . Poznamo:

- mokri navzem (pove koliko je v les prodrlo topila in aktivne snovi)
- suhi navzem (pove koliko je v lesu ostalo nehlapnih sestavin)

Globina penetracije (prodora) je globina do katere so prodrle aktivne učinkovine v les in jo izražamo v mm. Glede na globino prodora ločimo:

- površinska zaščita do 1 mm,
- zaščita oboda od 1 mm do 10 mm,
- globinska več kot 10 mm,
- popolna - celoten prerez ali vsa beljava,
- kasnejša zaščita lesa (Humar, 2005).

2.4.3 Zaščitna sredstva za les

Zaščitna sredstva ali pripravki so sestavljeni iz aktivnih komponent (biocidov) in topila, ki je lahko voda ali organsko topilo (etanol, nitro razredčilo, lak bencin). Vsebujejo pa tudi dodatke, zmanjšujejo površinsko napetost, veziva, UV absorberje, pigmente...

Zaščitna sredstva ločimo na anorganska in organska. Z vidika obremenitve okolja pa med klasična in novejša.

2.4.3.2 Anorganska zaščitna sredstva

Anorganska sredstva za zaščito lesa, so topna v vodi, obstajajo že od antičnih časov. Takrat so že potapljali les v morsko vodo in ga tako ščitili pred biološkim razkrojem. Sem spadajo predvsem anorganske soli, ki se med seboj kombinirajo (preglednica 3). Najpomembnejša biocidna sredstva so na osnovi bakrovih spojin (fungicid), ki jim dodajamo sredstva za vezavo (včasih kromove spojine, danes pa amine).

Preglednica 3: Uporaba in okoljska primernost starejših mešanic anorganskih soli

Biocidi	Okoljska primernost	Uporaba	Izpiranje
CF- soli	+-	I RO – III RO	Ne
CCF- soli	+-	I RO – III RO	Ne
CFA- soli	-	I RO – III RO	Ne
ACA- soli	-	I RO – IV RO	Ne
CCA- soli	-	I RO – V RO	Ne
CCB- soli	+-	I RO – V RO	Ne
CCP- soli	+-	I RO – V RO	Ne
CCFB- soli	+-	I RO – V RO	Ne
Wolmanit CX-S	+	I RO – V RO	Ne
B soli	++	I RO – II RO	Da
CC soli	+-	I RO – V RO	Ne
F spojine	+	I RO – II RO	Da

Prednosti anorganskih zaščitnih sredstev za les so:

- topna so v vodi, ki je najcenejša topilo,
- večinoma so brez vonja,
- zaščitni les lahko nadaljnje obdelujemo,
- ne povečujejo vnetljivosti in gorljivosti lesa,
- z njimi lahko ščitimo suh in vlažen les,
- v nekatere vrste lesa (smreka, jelka) prodirajo bolje kot organski pripravki,
- globino impregnacije lahko določamo s preprostimi in hitrimi metodami kemične analize,
- impregniran les je po fiksaciji suh in čist,
- po fiksaciji v lesu nastanejo snovi za človeka neškodljive,
- analitske kontrole so zelo poceni (določitev koncentracije v lesu).

Pomanjkljivosti anorganskih zaščitnih sredstev za les:

- pri impregnaciji in pri sušenju (fiksaciji) les lahko nabrekne, se krivi in razpoka,
- večina anorganskih soli lesu spremenijo barvo in ga je težko prebarvati (lisasta površina),
- v fazi proizvodnje in postopka zaščite so močno toksične,
- po uporabi lesa ne smemo enostavno odložiti na deponije ali prosto sežgati (Humar, 2005).

2.4.3.3 Organska zaščitna sredstva

Organski biocidi so topni predvsem v organskih topilih, zadnje čase pa jih je zaradi zahteve Direktive o hlapnih organskih topilih, moč dobiti tudi v obliki vodnih emulzij. Sem spada eno od najbolj znanih sredstev - kreozotno olje in nekatera okolju prijaznejša novejša organska kemična zaščitna sredstva (piretroidi, triazoli, karbamati, izotiazaloni...) (preglednica 4).

Preglednica 4: Okoljska primernost, uporaba in delovanje organskih zaščitnih sredstev

Biocid	Okoljska primernost	Uporaba	Delovanje
Kreozotno olje	+-	II RO – V RO	I, G
PCP!	--	II RO – V RO	G
NaPCP!	--	I RO – V RO	G
Lindan !	--	I RO – III RO	I
Endosulfan !	--	I RO – III RO	I
TBTO !	-	I RO – III RO	G
Kvartarne amonijeve spojine	++	I RO – IV RO	G, (I)
Piretrini	+	I RO – III RO	I
Piretroidi	-+	I RO – III RO	I
Izotiazoloni	++	I RO – III RO	G
Triazoli	++	I RO – IV RO	G
Karbamati	++	I RO – III RO	G
Sulfamidi	+	I RO – III RO	G

! organska zaščitna sredstva prepovedana za uporabo v zaščiti lesa (BPD, 1998)

Prednosti organskih zaščitnih sredstev za les:

- primerni za vse postopke impregnacije,
- zaradi organskih topil relativno dobro prodirajo tudi v suh les - bolje od vodotopnih, vendar je delež organskih topil v zaščitnem pripravku zaradi novih direktiv omejen,
- primerne so tudi za enostavnejše postopke zaščite (premazovanje, brizganje, potapljanje), kar jim daje širšo uporabno vrednost,
- manjše izpiranje.

Pomanjkljivosti organskih zaščitnih sredstev za les:

- topni v organskih topilih – škodljivi za človeka in okolje (2004/42/CE, 2004),
- draga, zaradi organskih topil,
- so močnega vonja zaradi topil ali biocidne substance,
- so vnetljiva in pogosto zvišajo gorljivost lesa,
- pogosto preprečujejo naknadno obdelavo (mastna površina).

2.4.3.4 Novejši biocidi

Klasični zaščitni pripravki za les kot so: CCA, kreozotno olje, PCP in organokositrovih spojin (TBTO, TBTN) je EU večino teh že prepovedala ali močno omejila. Novejše biocide lahko na grobo razdelimo v več skupin.

Vodotopni organski biocidi, namenjeni zaščiti lesa v prvem in drugem razredu ogroženosti (ostrešja, okna, lesene konstrukcije). Vedno bolj pogosto pa se uporabljajo ti biocidi tudi v tretjem razredu ogroženosti. Poleg tega se s strani proizvajalcev priporoča, da zaščiteni les po nanosu biocida, zaščitimo še s površinskim premazom. V te namene se večinoma uporabljajo triazoli, izotiazoloni, karbamati in sintetični piretrini.

Med vodotopne anorganske pripravke uvrščamo zaščitna sredstva na osnovi bakra in kroma (CC) ter bakra, kroma in bora (CCB). Ti pripravki so na trgu že več desetletij in so v Nemčiji, Avstriji, Švici, Sloveniji uspešno nadomestili pripravke CCA (baker, krom, arzen). Fiksacija kroma in bakra v CCB pripravkih ni tako učinkovita kot v CCA pripravkih, zato so, zaradi večjih emisij borovih in bakrovih spojin v okolje, v nekaterih državah deležni tudi velikih kritik. Zaradi rakotvornosti kromovih spojin za zaščito lesa, se vsaka država članica EU odloči ali Cr lahko uporablja ali ne. Je pa uporaba Cr zelo otežena.

Zaščitni pripravki na osnovi bakrovih soli, ki ne vsebujejo kromovih spojin, so trenutno najhitreje rastoča skupina zaščitnih pripravkov. Bakrove spojine v teh primerih kombiniramo z različnimi amini (etanolamin, trietanolamin, dimcarb), ki izboljšajo vezavo v kombinaciji z sekundarnim biocidom, ki izboljša odpornost proti na baker tolerantnim glivam. Kot sekundarni biocid najpogosteje uporabljajo borove spojine (Kuproflorin),azole in triazole (Tanalith E) ter kvartarne amonijeve spojine. Tem pripravkom je zelo sorodno zaščitno sredstvo na osnovi Cu-HDO, ki so ga že pred leti razvili v podjetju dr.

Wolman. Pripravek se veže v les s kristalizacijo, ki nastane zaradi spremembe pH vrednosti impregniranega lesa. Zato ne potrebuje snovi za fiksacijo. Cenovno in tudi po učinkovitosti so ti pripravki povsem primerljivi s klasičnimi zaščitnimi sredstvi. Navedeni pripravki so skladni s trenutno veljavno Direktivo o biocidih (BPD 98/8/EC) (Humar, 2004).

2.4.3.5 Najpomembnejši biocidi za zaščito lesa

Biocidna zaščita še vedno predstavlja temelj preventivne zaščite lesa. V EU letno zaščitimo okoli 24 mio m³ lesa od tega več kot 95 % z biocidnimi zaščitnimi pripravki. Kljub temu, da je za zaščito lesa dovoljeno uporabljati 35 aktivnih učinkovin, v praksi 95 % uporabljenih pripravkov za preventivno zaščito sestavlja 18 učinkovin. Najpomembnejše med njimi so opisane v nadaljevanju (Humar, 2008).

Bakrove učinkovine (bakrov oksid, hidroksid in bakrov karbonat)

Bakrove spojine so edini preostali klasični biocid, ki jih danes uporabljamo v zaščiti lesa. Prvi zapiski o industrijski uporabi bakrovih spojin v zaščiti lesa sežejo v leto 1838. Bakrovih učinkovin ne uporabljamo samostojno, saj se iz lesa izpirajo. V preteklosti so jih zato kombinirali s kromovimi spojinami, danes pa vezavo zagotovimo z amini, najpogosteje z etanolaminom. Ker se v Evropi pojavljajo izolati gliv, ki so tolerantni na bakrove učinkovine, baker-etanolaminskim pripravkom dodajamo kvartarne amonijeve spojine ali triazole za izboljšanje fungicidnih lastnosti, odpornost zaščenega lesa proti insektom pa zagotovimo z dodatkom borovih spojin. Baker-etanolominski pripravki so najprimernejša rešitev za zaščito lesa na prostem. Les zaščiten z omenjenimi pripravki ima značilno zeleno barvo. Ker je baker težka kovina, obstaja verjetnost, da bodo bakrove pripravke za zaščito lesa v prihodnosti umaknili iz uporabe. Do tega bo po vsej verjetnosti prišlo šele, ko bo razvita okolju prijaznejša, primerljivo učinkovita in ekonomsko upravičena alternativa, primerna za zaščito lesa v stiku z zemljo (Humar, 2008).

Borove spojine

Bor je zelo razširjen kemijski element. V naravi se ne nahaja v čisti elementarni obliki, ampak v spojinah s kisikom ($B[OH]_3$) in drugimi elementi. Najpogostejši obliki sta borova kislina in boraks. Borove spojine so ene izmed najstarejših aktivnih učinkovin, ki se še vedno uporabljajo za zaščito lesa. Glavna lastnost borovih spojin je poleg dobre difuzivnosti, ki omogoča dobro zaščito slabo permeabilnih lesnih vrst, še širok spekter delovanja proti insektom in glivam. Slaba stran dobre difuzivnosti je, da se borove spojine iz lesa izpirajo. Zaradi tega je uporaba borovih spojin za zaščito lesa omejena na uporabo v suhih pogojih oziroma dovoljuje občasna zvišanja vlažnosti (Lesar in Humar, 2007).

Prednosti borovih spojin v pripravkih:

- za večino lesnih škodljivcev so učinkovite že v majhnih količinah
- učinkovito delujejo proti glivam, ki povzročajo belo in rjavo trohnobo,
- so brezbarvne in nehlapne, kar omogoča nadaljnjo površinsko obdelavo,
- barva lesa po impregniranju ostane naravna,
- ne vplivajo na mehanske lastnosti lesa, na lepljenje ter nadaljnjo obdelavo,
- so delni zadrževalci gorenja lesa
- pri uporabljenih koncentracijah so precej manj škodljivi za človeka od drugih zaščitnih sredstev.

Pomanjkljivosti borovih spojin v pripravkih:

- se slabo fiksirajo v les in se iz njega izpirajo,
- ne ščitijo lesa pred plesnimi, zato se velikokrat uporablja v kombinaciji z ostalimi fungicidnimi sredstvi,
- so slabo topne v vodi, zato je potrebno pri razredčevanju segrevanje,
- odslužen zaščiten les je slabo gorljiv (Poglajen, 2008).

Toksičnost bora:

- se nahaja v majhnih količinah povsod v naravi, tako v zemlji, vodi, rastlinah in živalih,
- povprečna koncentracija bora v zemlji znaša med 3 in 10 mg/kg zemlje, v morski vodi znaša okoli 4.5 mg/kg, v pitni vodi pa od 0,05 do 0,3 mg/L. Koncentracije so lahko tudi višje, odvisno od lokacije,
- bor se uporablja tudi kot konzervans v prehranskih izdelkih. Povprečni vnos bora v telo s prehrano v ZDA znaša najmanj 1,5 mg/dan na prebivalca,
- bor lahko pride v telo tudi skozi kožo ali preko dihal. Povzroča minimalno draženje nosu, žrela ali oči. Oči draži samo, če smo boru izpostavljeni daljše obdobje,
- akutna toksičnost bora pa je primerljiva s toksičnostjo kuhinjske soli (Lesar in Humar, 2007).

Piretroidi (cipermetrin, deltametrin in permetrin)

Piretroidi so sintetični analogi piretrinov, ki jih najdemo v cvetni glavici rastline bolhač (*Tanacetum cinerariifolium*). Tako naravni piretrini, kot tudi piretroidi so zelo učinkoviti insekticidi za širok spekter žuželk. Naravni piretrini so manj strupeni za sesalce, a so žal tudi nestabilni, kar lahko izboljšujemo z dodatkom antioksidanta (piperonil butoksid). Njihovo pridobivanje je žal bistveno dražje kot sinteza piretroidov. Najpogosteje uporabljeni sintetični piretroidi so cipermetrin, deltametrin in permetrin. Najdemo jih v večini zaščitnih pripravkov za prvi in drugi razred izpostavitve lesa. Piretroidi so učinkoviti že v manjših koncentracijah, ki so manj toksične za sesalce. Pogosto se uporabljajo tudi v kurativni zaščiti lesa. Kakorkoli, v zadnjem času se postavljajo vprašanja o okoljski primernosti piretroidov. Pri dolgotrajni uporabi so opazili povečano število okvar živčevja tako pri ljudeh, kot tudi pri živalih. Zato so v Nemčiji že leta 1993 uporabo deltametrina v zaprtih prostorih močno omejili (Humar, 2008).

Karbamati (IPBC)

Za zaščito lesa se karbamati uporabljajo že od leta 1975. Najpomembnejša aktivna snov v tej skupini je IPBC (3-jodo-2-propilbutil karbamat). Učinkovitost IPBC-ja proti glivam modrivkam so odkrili leta 1981. IPBC se večinoma dodaja površinskim premazom za

zunanjjo uporabo, saj učinkovito preprečuje razvoj plesni in gliv modrivk. Pri višjih koncentracijah pa deluje tudi proti insektom ter izboljša delovanje triazolov. Pripravki, ki vsebujejo IPBC se večinoma uporabljajo za zaščito stavbnega in vrtnega pohištva. V pripravkih nastopa samostojno ali pa ga kombinirajo s propikonazolom in piretroidi (Humar, 2008). IPBC ($C_8H_{12}INO_2$) je prozoren beli prah, ki je netopen v vodi in topen v organskih dišečih topilih.

Prednosti IPBC-ja:

- se ne izpira iz lesa,
- učinkovito deluje proti plesnim in glivam modrivkam,
- je brez vonja,
- ne spreminja barve lesa,
- ne deluje korozivno.

Pomankljivosti IPBC-ja:

- iz lesa hlapi,
- v vlažnem okolju ga bakterije hitro razgradijo.

Toksičnost IPBC-ja:

- draži oči in kožo,
- nizka toksičnost za sesalce (Unger in sod., 2001).

Triazoli (propikonazol in tebukonazol)

Triazoli so odlični in že uveljavljeni fungicidi, ki jih skoraj dvajset let uporabljamo za zaščito stavbnega pohištva. Spadajo v skupino okolju prijaznejših biocidnih učinkovin. V les dobro prodirajo in se iz njega ne izpirajo. Za zaščito lesa se najpogosteje uporabljata vodotopni propikonazol ter v organskih topilih topen tebukonazol. Obe učinkovini sta stabilni, in se ne izpirata iz lesa. V komercialnih pripravkih sta najpogosteje dostopni v kombinaciji z insekticidi, najpogosteje s piretroidi (Humar, 2008).

Propikonazol ($C_{15}H_{17}Cl_2N_3O_2$) je rumenkasta tekočina, ki je brez vonja in ima vrelišče pri 180 °C. Topljiv je v vodi pri 100 mg/l in 20 °C ter lahko topljiv v acetonu, diklorometanu, 2-propanolu, metanolu in toluenu.

Prednosti propikonazola:

- učinkovit fungicid,
- ne koroziven za kovine,
- v les se dobro fiksira,
- lahko se meša z insekticidi,
- stabilen v alkalnem in kislem mediju pri visokih temperaturah.

Pomankljivosti propikonazola:

- Zelo strupen za vodne organizme.

Toksičnost propikonazola:

- ne draži oči in kože,
- nenevaren za čebele (Unger in sod., 2001).

Izotiazoloni (kathone)

Izotiazoloni so znani pod komercialnim imenom Kathone. Najprej so jih uporabljali kot dodatek (konzervans) kozmetičnim pripravkom (kreme, ličila...). Kasneje pa so ugotovili, da bi jih lahko uporabili tudi v zaščiti lesa. Imajo dobre fungicide in baktericidne lastnosti. Poleg tega so bio-razgradljivi, kar je še posebej pomembno z okoljskega vidika. V zaščiti lesa se je še posebej izkazal 4,5-dikloro-2-n-oktil-4-izothiazolin-3-one (DCOIT). Ta organski biocid je eden redkih izjem, ki jo uporabljamo tudi za zaščito lesa v stiku z zemljo. Razmah te učinkovine preprečuje dejstvo, da povzroča alergije in draži kožo (Humar, 2008).

Alkilamonijeve spojine

Fungicidno delovanje alkilamonijevih spojin (AAC) je poznano že od leta 1965, vendar se, zaradi cenejših in učinkovitejših anorganskih zaščitnih sredstev, uporaba AAC spojin ni uveljavila. AAC niso hudo strupene spojine, niso rakotvorne, nekatere pa so dražeče. V novi generaciji bakrovih pripravkov, AAC spojine dodajamo baker-etanolaminskim pripravkom. AAC spojine se dandanes veliko uporabljajo za zaščito lesa, saj preprečujejo razvoj gliv razkrojevalk kot tudi modrivk. Nekatere AAC spojine pa imajo celo termiticidne in algicidne lastnosti. Ker jih bakterije razgrajujejo, jih v stiku z zemljo ne uporabljamo samostojno (Humar, 2008).

Juvenilni hormoni (fenoxycarb, flufenoxuron, diflubenzuron, pyriproxyfen)

Juvenilni hormoni spadajo v skupino ciljnih biocidov, ki delujejo le na določenega škodljivca. Zato naj ne bi imeli negativnega vpliva na ostala živa bitja. Načrtovani so tako, da škodljivca ne ubijejo, temveč le preprečijo ali upočasnijo njihov razvoj. Najbolj znani ciljni insekticidi so juvenilni (farox, fenoxycarb) in rastni (flurox, flufenoxuron, diflubezuron, pyriproxyfen) hormoni insektov. Preprečujejo razvoj jajčec v larve, razvoj larv v bube, zavrejo tvorbo hitina... Uporabljamo jih za preventivno in kurativno zaščito lesa (Humar, 2008).

3 MATERIALI IN METODE

Poizkus diplomskega dela je potekal po standardu SIST EN 152/1 (1996): Metode za preizkušanje zaščitnih sredstev za les - Laboratorijska metoda za določanje preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva proti glivam modrivkam 1. Del: Nanašanje s premazovanjem. Poizkus poteka v laboratoriju z določeno klimo ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $RH = 65\%$).

3.1 MATERIALI

Vzorci lesa

Standard SIST EN 152/1 (1996) predpisuje izdelavo vzorcev iz beljave bora, kajti beljava bora (*Pinus sylvestris* L.) je izredno dovzetna za glive modrivke. Beljava bora predhodno ne sme biti okužena z glivami in mora biti povsem zdrava. Za izdelavo vzorcev so bile izbrane deske pravilne strukture, brez grč in smole. Vlažnost lesa je bila nekje 12 %. Letnice na preseku so potekale približno pod kotom 45° , na 1 cm pa je lahko 2,5 do 8 branik. Dimenzije vzorcev so bile $90\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 10\text{ mm}$, zgornja robova sta bila 2 mm zaobljena. Vzorci so bili tudi temeljito pobrušeni. Vseh vzorcev, ki so bili testirani je bilo 86 (preglednica 5). Za vsak biocidni pripravek je bilo testiranih 10 vzorcev. Vseh biocidnih pripravkov, ki so jih pripravili v podjetju Belinka, je bilo 8 (slika 1). Polovico vzorcev premazanih z biocidnimi pripravki smo pred izpostavitvijo tudi umetno pospešeno starali. Izjema so vzorci premazani z biocidnim pripravkom RB, kajti bor kot biocid, ki je v pripravku prisoten, se iz lesa hitro izpira. Šest vzorcev je bilo kontrolnih, ki niso bili premazani z nobenim biocidnim pripravkom in so dokazovali aktivnost gliv. Vsi pripravki vsebujejo kombinacijo biocidov, izjema je le pripravek RB, ki vsebuje le biocid bor.



Slika 1: Osem biocidnih pripravkov, ki so bili uporabljeni pri raziskavah diplomskega dela

Preglednica 5: Imena biocidnih pripravkov in število nestaranih in umetno staranih vzorcev, ki so bili uporabljeni pri poizkusu učinkovitosti biocidov proti glivam modrivkam

Število (št.) pripravka	Biocidni pripravek (imena)	Okrajšava imen	Nestarani vzorci	Umetno starani vzorci
/	Kontrolni vzorci	K	6	/
1	raztopina boratov	RB	10	/
2	vodna impregnacija	Vi	5	5
3	IPBC in propikonazol brez veziva	IPBC+P	5	5
4	vodna impregnacija brez propikonazola	IPBC+AE	5	5
5	industrijska vodna impregnacija Extra	EXTRA	5	5
6	industrijska vodna impregnacija	IPBC+P+A	5	5
7	konkurenčna vodna impregnacija	IPBC+A	5	5
8	razvojni vzorec, Neocryl XK 84	NEOCRIL	5	5

Testne glive

Za preizkus učinkovitosti zaščite lesa proti glivam modrivkam smo uporabili dve vrsti gliv modrivk, katere predpisuje standard:

- ***Aureobasidium pullulans*** (de Barry) Arnaud
ZIM L060 KPZL 103(BFWS), 1980
Medij PDA/Parafin
- ***Sclerophoma pithyophilla*** (Corda) Hohn
ZIM L070 KPZL 115 (BFWS), 1980
Medij PDA/Parafin

Glive, ki smo jih uporabili, smo dobili iz banke gliv Biotehniške fakultete - Oddelka za lesarstvo – Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa. Glive iz banke smo večkrat precepili na predhodno pripravljen steriliziran krompirjev glukočni agar. Cepitev je potekala pod sterilnimi pogoji v laminariju. Petrijevke, v katerih je bilo gojišče, smo nato za 14 dni postavili v rastno komoro. Po 14 dneh, ko so bile glive v fazi aktivne rasti, smo le te precepili v tekoči hranilni medij, ki smo ga pripravili v skladu z zahtevami standarda SIST EN 152/1.

3.2 METODE

Še preden smo se lotili nanosa pripravkov smo vzorce za orientacijo označili in jim z obeh strani zaščitil čela z univerzalno epoksidno smolo.

Nanos pripravkov

Pripravke z različnimi biocidi (biocid ali kombinacija biocidov) smo nanašali s čopičem in sicer smo zaščitili samo zgornjo ploskev, vključno z zaobljenimi robovi. Zahtevan nanos za vse pripravke je bil okoli 180 g/m^2 . Postopek nanašanja je potekal tako, da smo najprej stehali čašo s pripravkom in čopičem in nato odčitali količino premaza, ki smo ga nanesli na posamezen vzorec. Nanosi so bili od 172 do 183 g/m^2 . Po končanem nanosu smo vzorce en teden kondicionirali.

Umetno staranje

Umetno staranje je potekalo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin in sicer na napravi za pospešeno staranje (slika 2). Naprava je bila narejena tako, da posnema delovanje abiotiskih dejavnikov (UV svetloba, padavine, temperaturne spremembe...), vendar bolj intenzivno kot to poteka v naravi. Standard sicer predpisuje izpostavitve vzorcev v naravi za šest mesecev, vendar, zahvaljujoč tej napravi, staranje lahko umetno pospešimo. Delovanje biotskih dejavnikov je pri umetnem staranju v veliki meri onemogočeno zaradi hitrega in enakomernega menjavanja ciklusov. V poizkusu je staranje zajemalo 250 ciklusov po eno uro. V času enega ciklusa umetnega - pospešenega staranja pa se po vrstnem redu zvrstijo naslednje faze:

- umetni dež - 22 minut,
- mirovanje - 9 minut,
- UV in IR sevanje (temp. v času UV sevanja naraste na $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$) - 3 minute,
- UV sevanje – 21 minut,
- UV in IR sevanje (temp. v času UV sevanja naraste na $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$) – 3 minute,
- mirovanje – 2 minute.



Slika 2: Umetno pospešeno staranje lesa – Del naprave, kjer se izvaja faza sevanja in mirovanja

Vzorci so bili skupno 91 ur in 40 minut izpostavljeni umetnemu dežju, UV in IR sevanju 25 ur (temperatura na površini vzorca v tej fazi vsakič naraste na 50 °C), samo UV sevanju 87 ur in 30 minut ter mirovanju ($T = 20\text{ °C}$, $RH = 65\%$) 45 ur in 50 minut. Vsi vzorci v napravi so bili nagnjeni pod kotom 6° in sicer proti izvoru umetnega dežja, tako da se je voda iz vzorcev odtekala. Po končanem umetnem staranju smo vzorce dva tedna kondicionirali v laboratoriju pri sobnih pogojih.

Priprava gojišča

V enolitrski čaši napolnjeni z destilirano vodo smo raztopili 20 g koncentriranega sladnega ekstrakta in nato dodali 12.5 g citronske kisline, 120 ml 1 M NaOH ter 390 ml 0.1 M HCL. Ta postopek smo ponovili dvakrat, tako da smo dobili dva litra tekočega hranilnega gojišča. pH raztopine je znašal 4,2. Nato smo raztopino prelili v 12 sterilnih 500 mL erlenmajeric, v vsako po 150 ml raztopine. Le te smo zaprli z aluminijasto folijo in jih nato v avtoklavu sterilizirali 20 minut pri temperaturi 121 °C oz. pri tlaku 1,5 bara. Zatem smo v polovico erlenmajeric cepili kulturo glive *Aureobasidium pullulans*, v drugo polovico pa kulturo glive *Sclerophoma pithyophilla*. Površina cepiča, cepljenega v posamezno erlenmajerico, je bila približno 1 cm². Delo je potekalo v sterilnih pogojih v laminariju,

kar je preprečilo možnost nezaželene okužbe. Vrat erlenmajerice in lanceto smo obžgali nad gorilnikom. Erlenmajerice smo zaprli z aluminijasto folijo in papirjem ter zatesnili z elastiko. Le te smo nato, za teden dni, dali na stresalnik, kjer sta glivi priraščali ob konstantnem stresanju 80 obratov/minuto. Po tednu dni, ko je raztopina potemnela (slika 3), kar pomeni, da so glive tvorile trose, smo raztopine v laminariju prefiltrirali skozi sterilno gazo in obe suspenziji spor združili. Tako smo dobili suspenzijo spor obeh testnih gliv.



Slika 3: Kultura gliv *Aureobasidium pullulans* (levo) in *Sclerophoma pithyophilla* (desno) po tednu dni na stresalniku ob konstantnem stresanju 80 obratov/minuto.

Avtoklaviranje Kollejevih steklenic

V Kollejeve steklenice smo položili filtrni papir in jih zaprli z aluminijasto folijo in papirjem ter zatesnili z elastiko. Avtoklaviranje je potekalo 20 minut pri temperaturi 121 °C oz. tlaku 1,5 bara. Po avtoklaviranju smo Kollejeve steklenice položili vodoravno

v laminarij in počakali, da so se ohladile. V laminariju smo prižgali tudi UV svetlobo, ki pobije vse spore, če so slučajno zašle v komoro.

Izpostavitev vzorcev

Pred izpostavitvijo smo vse vzorce dali v Kollejeve steklenice in sicer tako, da je bil utor na spodnji strani kot tudi filtrirni papir. Nato smo v vsako steklenico nalili po 15 mL suspenzije spor. Steklenice smo zaprli s folijo in papirjem in jih zatesnili z gubicami. Delo je potekalo v sterilnih pogojih v laminariju. Nato smo steklenice z vzorci za šest tednov postavili v rastno komoro. Temperatura v komori je bila 25 °C, vlažnost pa 70 %. Po šestih tednih smo vzorce vzeli iz steklenic, jih očistili z vlažno krpo in vizualno ocenili stopnjo pomodrelosti. Poleg tega smo preizkušance še razžagali na tri dele in ocenili globino obarvanja.

Pomodrelosti smo vizualno določili z ocenami, predpisanimi v standardu SIST EN 152/1 (preglednica 6).

Preglednica 6: Ocena pomodrelosti površine vzorcev (SIST EN 152/1)

Ocena	Opis vzorca
0	površina ni pomodrela, madežev na površini ne opazimo
1	površina je minimalno in zato nepomembno pomodrela: največji dovoljen premer madežev je 2 mm, vseh madežev ni več kot 10
2	les je pomodrel: če so madeži med seboj povezani, je lahko pomodrelo do tretjine zgornje površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je lahko pomodrelo do polovice zgornje površine vzorca
3	les je močno pomodrel: če so madeži med seboj povezani, je pomodrelo več od tretjine zgornje površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je pomodrelo več od polovice zgornje površine vzorca

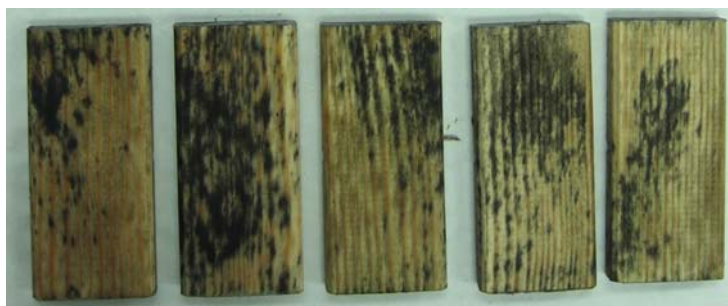
4 REZULTATI

4.1 KONTROLNI VZORCI - K

Na vseh kontrolnih vzorcih, ki niso bili zaščiteni z biocidnim pripravkom ali zaščitnim sredstvom, je površina popolnoma pomodrela (slika 4). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 3 (preglednica 7), kar pomeni da so bile glive vitalne in aktivne. Po drugi strani pa to tudi dokazuje, da je bil les dovzeten na modrenje. Za potrjevanje aktivnosti gliv je dokaz tudi celotno pomodrel (preglednica 7) presek vzorcev (slika 5).

Preglednica 7: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Kontrolni vzorci - K	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
3,3,3,3,3	Po celotnem preseku
Povprečna ocena	
3	



Slika 4: Pomodrele površine kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 5: Obarvan presek kontrolnih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2 BIOCIDNI PRIPRAVKI

4.2.1 Raztopina boratov (9% B kot biocida, brez veziva) - RB

RB ni bila izpostavljena umetnemu staranju, saj vsebuje spojino (bor), ki se iz lesa izpira. Na vseh vzorcih zaščiteneh z RB, je površina vzorca popolnoma pomodrela (slika 6). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0 (preglednica 8). RB vpliva na nekatere vrste gliv modrivk, zato je vzorec okužen z drugačno združbo gliv. Rezultat je nekoliko drugačna barva (zelena) okužene površine, kot pri kontroli.

Presek vseh vzorcev zaščiteneh z RB pa je prav tako popolnoma nepomodrel (slika 7) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 8), kar pomeni, da RB dobro difundira v notranjost vzorca in učinkovito zaščiti globino lesa.

Preglednica 8: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja vzorcev zaščiteneh z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam

Raztopina boratov (9% B kot biocida, brez veziva) – RB	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
3,3,3,3,3	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
3	0



Slika 6: Pomodrele površine vzorcev zaščiteneh z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 7: Neobarvan presek vzorcev zaščiteneh z raztopino boratov po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.2 Vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 8,4% suhe snovi) - Vi

- Nestarani vzorci zaščiteni z vodno impregnacijo (Vi)

Na vseh nestaranih vzorcih zaščiteneh z Vi površina ni pomodrela (slika 8). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0 (preglednica 9).

Presek vseh nestaranih vzorcev zaščiteneh z Vi je prav tako nepomodrel (slika 9) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 9), kar pomeni, da Vi dobro difundira tudi v notranjost vzorca in zaščiti globino lesa.

Preglednica 9: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 8,4% suhe snovi) – Vi	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
0,0,0,0,0	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0	0



Slika 8: Nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 9: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z vodno impregnacijo (Vi/s)

Tako kot nestarani vzorci tudi umetno pospešeno starani vzorci zaščiteni z Vi niso pomodreli (slika 10). Na podlagi vizualne ocene je bila površina vzorcev ocenjena s povprečno oceno 0 (preglednica 10).

Presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z Vi pa je minimalno pomodrel (slika 11) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 1,4 mm (preglednica 10).

Preglednica 10: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 8,4% suhe snovi) – Vi/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
0,0,0,0,0	1,2,1,1,2
Povprečna ocena	Povprečna globina
0	1,4



Slika 10: Nepomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 11: Minimalno obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.3 IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%) – IPBC+P

- Nestarani vzorci zaščiteni z IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC+P)

Na štirih od petih nestaranih vzorcih zaščitenih z IPBC+P brez veziva je površina minimalno pomodrela (slika 12), površina enega vzorca pa je ocenjena z oceno 0. Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0,8 (preglednica 11).

Presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC+P brez veziva pa je nepomodrel (slika 13) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 11).

Preglednica 11: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam

IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC 0,32%;propikonazol 0,65%) – IPBC+P	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,0,1,1,1	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,8	0



Slika 12: Pomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 13: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC+P/s)

Na vseh petih umetno staranih vzorcih zaščitenih z IPBC+P brez veziva je površina pomodrela (slika 14). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 1,4 (preglednica 12).

Presek vseh umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC+P brez veziva je prav tako pomodrel (slika 15) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 1,8mm (preglednica 12).

Preglednica 12: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam

IPBC in propikonazol brez veziva (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%) - IPBC+P/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,1,1,2,2	2,3,1,2,1
Povprečna ocena	Povprečna globina
1,4	1,8



Slika 14: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 15: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC in propikonazol brez veziva po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.4 Vodna impregnacija brez propikonazola (IPBC 0,32%, alkidna emulzija) – IPBC+AE

- Nestarani vzorci zaščiteni z Vodno impregnacijo brez propikonazola (IPBC+AE)

Na dveh od petih nestaranih vzorcih zaščitenih z IPBC+AE je površina minimalno pomodrela (ocena 1), na ostalih treh pa popolnoma nič (ocena 0) (slika 16). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili z povprečno oceno 0,4 (preglednica 13).

Presek nestaranih vzorcev zaščitenih z IPBC+AE pa je ostal nepomodrel (slika 17) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 13).

Preglednica 13: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam

Vodna impregnacija brez propikonazola (IPBC 0,32%, alkidna emulzija) – IPBC+AE	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,1,0,0,0	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,4	0



Slika 16: Minimalno oziroma nepomoderle površine nestaranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 17: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z vodno impregnacijo brez propikonazola (IPBC+AE/s)

Na vseh petih umetno staranih vzorcih zaščitenih z IPBC+AE je površina zelo pomoderla (slika 18). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 2.8 (preglednica 14).

Presek na vseh umetno staranih vzorcih zaščiteneh IPBC+AE je tudi pomodrel (slika 19), in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 2 mm (preglednica 14).

Preglednica 14: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam

Vodna impregnacija brez propikonazola (IPBC 0,32%, alkidna emulzija) – IPBC+AE/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
3,2,3,3,3	3,2,2,1,2
Povprečna ocena	Povprečna globina
2,8	2



Slika 18: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 19: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščiteneh z vodno impregnacijo brez propikonazola po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.5 Industrijska vodna impregnacija Extra (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 6 % suhe snovi) - EXTRA

- Nestarani vzorci zaščiteni z industrijsko vodno impregnacijo Extra (EXTRA)

Na vseh petih nestaranih vzorcih zaščitenih z EXTRA je površina minimalno pomodrela (slika 20). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili z povprečno oceno 1 (preglednica 15).

Presek vsek nestaranih vzorcev zaščitenih z EXTRA pa je bil popolnoma nepomodel (slika 21) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 15).

Preglednica 15: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam

Industrijska vodna impregnacija extra (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 6% suhe snovi) – EXTRA	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,1,1,1,1	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
1	0



Slika 20: Minimalno pomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 21: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščiteneh z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z industrijsko vodno impregnacijo Extra (EXTRA/s)

Na vseh petih umetno staranih vzorcih zaščiteneh z EXTRA je površina prav tako, kot pri nestaranih vzorcih, minimalno pomodrela (slika 22). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 1 (preglednica 16).

Presek petih umetno staranih vzorcev zaščiteneh z EXTRA pa je različno pomodrel (slika 23) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 1,8 mm (preglednica 16).

Preglednica 16: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščiteneh z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam

Industrijska vodna impregnacija Extra (IPBC 0,32% ; propikonazol 0,65%; alkidna emulzija 6 % suhe snovi) – EXTRA/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,1,1,1,1	3,1,2,1,2
Povprečna ocena	Povprečna globina
1	1,8



Slika 22: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščiteneh z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 23: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščiteneh z industrijsko vodno impregnacijo Extra po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.6 Industrijska vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; akril) – IPBC+P+A

- Nestarani vzorci zaščiteni z industrijsko vodno impregnacijo (IPBC+P+A)

Na dveh od petih nestaranih vzorcih zaščiteneh z IPBC+P+A je površina minimalno pomodrela (ocena 1) (slika 24). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0,4 (preglednica 17).

Presek vseh petih vzorcev zaščiteneh z IPBC+P+A pa je popolnoma nepomodrel (slika 25) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 17).

Preglednica 17: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Industrijska vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; akril) - IPBC+P+A	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
0,1,1,0,0	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,4	0



Slika 24: Minimalno oziroma nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 25: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z Industrijsko vodno impregnacijo (IPBC+P+A/s)

Zanimivo je, da je eden od petih umetno staranih vzorcev zaščitenih z IPBC+P+A bolj pomodrel (slika 26) kot ostali. Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0,8 (preglednica 18).

Presek vseh petih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo pa je minimalno pomodrel (slika 27) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 1 mm (preglednica 18).

Preglednica 18: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Industrijska vodna impregnacija (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; akril) – IPBC+P+A/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
0,0,2,1,1	1,1,1,1,1
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,8	1



Slika 26: Minimalno oziroma nepomoderle površine umetno staranih vzorcev zaščitenih z industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 27: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitenih z Industrijsko vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.7 Konkurenčna vodna impregnacija (IPBC 0,18%, akril) – IPBC+A

- Nestarani vzorci zaščiteni z konkurenčno vodno impregnacijo (IPBC+A)

Na dveh od petih nestaranih vzorcih, zaščitenih s IPBC+A, smo opazili minimalno pomodrelost (ocena 1) (slika 28). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0,4 (preglednica 19).

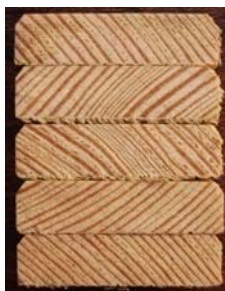
Presek nestaranih vzorcev zaščitenih s IPBC+A pa je popolnoma nepomodrel (slika 29) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 19).

Preglednica 19: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Konkurenčna vodna impregnacija (IPBC 0,18%, akril) - IPBC+A	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,0,1,0,0	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,4	0



Slika 28: Minimalno oziroma nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 29: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni s konkurenčno vodno impregnacijo (IPBC+A /s)

Vseh pet umetno staranih vzorcev zaščitenih s IPBC+A je močno pomodrelo (slika 30). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 1,8 (preglednica 20).

Presek vseh petih umetno staranih vzorcev zaščitenih s IPBC+A pa je tudi kar precej pomodrel (slika 31) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 2 mm (preglednica 20).

Preglednica 20: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitenih s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

Konkurenčna vodna impregnacija (IPBC 0,18%, akril) – IPBC+A /s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
2,1,2,2,2	2,2,3,2,1
Povprečna ocena	Povprečna globina
1,8	2



Slika 30: Pomodrele površine umetno staranih vzorcev zaščitene s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 31: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitene s konkurenčno vodno impregnacijo po izpostavitvi glivam modrivkam

4.2.8 Razvojni vzorec, Neocryl XK 84 (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; hibridno vezivo alkid-akril) - NEOCRYL

- Nestarani vzorci zaščiteni z razvojnimi vzorcem Neocryl XK 84 (NEOCRYL)

Na vseh petih nestaranih vzorcih zaščiteneh z NEOCRYL površina ni pomodrela (slika 32). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0 (preglednica 21).

Prav tako presek vseh petih nestaranih vzorcev zaščiteneh z NEOCRYL ni nič pomodrel (slika 33) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 0 mm (preglednica 21).

Preglednica 21: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam

Razvojni vzorec, Neocryl XK 84 (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; hibridno vezivo alkid-akril) - NEOCRYL	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
0,0,0,0,0	0,0,0,0,0
Povprečna ocena	Povprečna globina
0	0



Slika 32: Nepomodrele površine nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 33: Neobarvan presek nestaranih vzorcev zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam

- Umetno starani vzorci zaščiteni z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 (NEOCRYL/s)

Na dveh od petih umetno staranih vzorcih zaščitenih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 smo opazili minimalno pomodrelo površino (slika 34). Površino vzorcev smo na podlagi vizualne ocene ocenili s povprečno oceno 0,4 (preglednica 22).

Presek vseh petih umetno staranih vzorcev zaščitanih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 pa je kar precej pomodrel (slika 35) in je ocenjen s povprečno globino obarvanja 2,4 mm (preglednica 22).

Preglednica 22: Ocena pomodrelosti površine in globine obarvanja umetno staranih vzorcev zaščitanih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam

Razvojni vzorec, Neocryl XK 84 (IPBC 0,32%; propikonazol 0,65%; hibridno vezivo alkid-akril) – NEOCRYL/s	
Ocena pomodrelosti (preglednica 6)	Globina obarvanja (mm)
1,0,1,0,0	2,2,3,2,3
Povprečna ocena	Povprečna globina
0,4	2,4



Slika 34: Minimalno oziroma nepomoderle površine umetno staranih vzorcev zaščitanih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam



Slika 35: Obarvan presek umetno staranih vzorcev zaščitanih z razvojnim vzorcem Neocryl XK 84 po izpostavitvi glivam modrivkam

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V večini vzorcev je enaka koncentracija IPBC, različna so le veziva. Vzorci biocidnega pripravka IPBC+A pa imajo nižjo koncentracijo IPBC, vendar ne vsebujejo propikonazola in je realno oceno učinkovitosti IPBC težko oceniti. Lahko pa ugotovimo, glede na rezultate pri biocidnih pripravkih IPBC+AE in IPBC+A, da ima pripravek z 0,32 % IPBC in vezivom alkid enako učinkovitost pri zaščiti površine in notranjosti nestaranih vzorcev kot pripravek z 0,18 % IPBC in vezivom akril.

Biocidni pripravki vsebujejo tudi različna veziva kot so alkid, akril in hibrid. Na podlagi rezultatov ugotovimo, da je v biocidnih pripravkih za zaščito površine najučinkovitejše vezivo alkid (alkidna emulzija), nato hibrid (alkid-akril) in nazadnje akril (akrilna disperzija). Na zaščito notranjosti lesa pa veziva nimajo bistvenega (izjema hibrid–malenkost večji vpliv) vpliva oziroma je ta minimalen.

Primerjava biocidnih pripravkov Vi in EXTRA nam omogoča oceno vpliva koncentracije istega veziva. Na podlagi rezultatov ugotovimo, da z višjo koncentracijo suhe snovi zagotovimo boljšo zaščito lesa pred glivami modrivkami.

Primerjava biocidnih pripravkov Vi in IPBC+AE pa nam kaže vpliv dodatka propikonazola. Na podlagi rezultatov ugotovimo, da je v kombinaciji biocidov IPBC in propikonazol, slednji zelo učinkovit pri zaščiti lesa proti glivam modrivkam. Ugotovili smo, da je za zaščito vzorcev pred modrenjem ključen biocid propikonazol, saj se pripravki, ki so vsebovali propikonazol najbolj učinkovito zaščitili les pred modrenjem.

Razlike med naravnim in umetno pospešenim staranjem so odvisne od časa in intenzivnosti izpostavitve. Pri umetno pospešenem staranju je izpostavitve krajša, vendar intenzivnejša. Umetni dež, mirovanje, UV in IR sevanje so faze umetno pospešenega staranja, ki so načrtovane in časovno omejene. Hitra menjava faz močno zmanjša možnost razvoja gliv modrivk. Dobra stran umetno pospešenega staranja pa je primerljivost s

podobnimi biološkimi testi in prihranek časa (Kocjanc, 1999). Na podlagi rezultatov ima umetno pospešeno staranje določen vpliv skoraj pri vseh biocidnih pripravkih.

Vpliv umetno pospešenega staranja pri zaščiti površine je zelo različen. Staranje ni poslabšalo zaščite površin pri biocidnem pripravku Vi in relativno pri biocidnem pripravku IPBC+P+A. Ima pa določen vpliv pri vseh ostalih biocidnih pripravkih.

Vpliv umetno pospešenega staranja pri penetraciji aktivne snovi v les, ki zaustavi razvoj gliv modrivk, pa je opaziti praktično pri vseh biocidnih pripravkih. Zelo velik vpliv umetno pospešenega staranja pri penetraciji aktivne snovi v les smo ugotovili pri biocidnem pripravku NEOCRYL. Glede na vezivo hibrid (kombinacija akril in alkid), ki ga ta biocidni pripravek vsebuje sklepamo, da akril malenkostno poslabša globino penetracije oziroma pripravek težje prodira v les.

Na splošno so ocene zaščitene površin pokazale veliko raznolikost (preglednica 23). Z oceno 3 smo ocenili kar nekaj zaščitene vzorcev. Oceno 3 so dobili vsi nestarani vzorci zaščiteni z biocidnim pripravkom RB, kateri vsebuje biocid na osnovi bora. Tudi nekateri drugi pripravki zelo slabo delujejo fungicidno. Oceno 3 (2,8) pa so dobili tudi vsi umetno starani vzorci zaščiteni z biocidnim pripravkom IPBC+AE, ki ne vsebuje propikonazola. Oceno 2 (1,8) so dobili umetno starani vzorci zaščiteni z biocidnim pripravkom IPBC+A, ki prav tako ne vsebuje propikonazola. Oceno okoli 1 so dobili nestarani (0,8) in umetno starani (1,4) vzorci biocidnega pripravka IPBC+P in nestarani (1) in umetno starani (1) vzorci biocidnega pripravka EXTRA. Oceno od 0 do 1 – zanemarljivo pomodrelo pa so dobili nestarani (0) in umetno starani vzorci (0) biocidnega pripravka Vi, nestarani (0,4) in umetno starani (0,8) vzorci biocidnega pripravka IPBC+P+A ter nestarani (0) in umetno starani (0,4) vzorci biocidnega pripravka NEOCRYL.

Glede na to, da smo poleg kontrolnih vzorcev s povprečno oceno okoli 3 ocenili tudi biocidna pripravka RB in IPBC+AE ter s povprečno oceno okoli 2 biocidni pripravek IPBC+A ne moremo trditi, da vsi testni biocidni pripravki delujejo fungicidno. Lahko trdimo le, da učinkovitost teh biocidnih pripravkov ni ustrezna za zaščito pred glivami modrivkami, predvsem pa ne v okolju, kjer je delovanje abiotskih dejavnikov zelo

izraženo. Povprečno oceno okoli 1 sta dobila biocidna pripravka IPBC+P in EXTRA, katerih delovanje proti glivam modrivkam je vprašljivo. Povprečno oceno od 0 do 1 pa sta dobila biocidna pripravka Vi in IPBC+P+A za katera lahko rečemo, da je njuno delovanje dovolj učinkovito za zaščito pred glivami modrivkami. Za najučinkovitejši biocidni pripravek se je izkazal pripravek Vi, zato bi bila ta kombinacija biocidov najprimernejša za komercialno uporabo.

Poizkus je pokazal zelo različne rezultate pri delovanju biocidnih pripravkov proti glivam modrivkam. Smo pa s testiranjem dobili uporabne rezultate za analizo učinkovitosti novjših biocidnih pripravkov (preglednica 23).

Preglednica 23: Učinkovitost biocidnih pripravkov (povprečne ocene)

Biocidni pripravek (kratice)	Povprečna ocena površine (preglednica 6)		Povprečna globina obarvanja (mm)	
	Nestarani vzorci	Starani vzorci	Nestarani vzorci	Starani vzorci
K	3	/	Po celem prerezu	/
RB	3	/	0	/
Vi	0	0	0	1,4
IPBC+p	0,8	1,4	0	1,8
IPBC+AE	0,4	2,8	0	2
EXTRA	1	1	0	1,8
IPBC+P+A	0,4	0,8	0	1
IPBC+A	0,4	1,8	0	2
NEOCRYL	0	0,4	0	2,4

5.2 SKLEPI

Na podlagi testiranj smo ugotovili:

- ✓ porabljeni glivi modrivki sta bili aktivni in vitalni
- ✓ najučinkovitejši testni biocidni pripravek je Vi in ga priporočamo za komercialno uporabo
- ✓ umetno pospešeno staranje ne zmanjša učinkovitosti pri biocidnih pripravkih Vi in IPBC+P+A na testni površini
- ✓ kombinacija biocidov IPBC in propikonazol, je zelo učinkovita proti glivam modrivkam
- ✓ z višjo koncentracijo suhe snovi istega veziva v biocidnem pripravku zagotovimo boljšo zaščito lesa pred glivami modrivkami
- ✓ najučinkovitejše vezivo za zaščito površine v biocidnih pripravkih je alkid

6 POVZETEK

Na področju zaštite lesa se je v zadnjem desetletju zgodilo veliko sprememb. Vedno strožja okoljevarstvena zakonodaja, okoljska zavest uporabnikov in nove možnosti uporabe lesa so razlogi, da se kemična zaštita uporablja le tam, kjer škodljivcev nismo uspeli preprečiti s konstrukcijsko zaščito izdelka. V veliko primerih pa s konstrukcijsko zaščito ne moremo zagotoviti trajnosti izdelka in je zato kemična zaštita nujno potrebna.

Klasične okolju manj primerne biocidne pripravke so nadomestili novjši ciljni biocidi, ki pa so pogosto manj učinkoviti. S testiranjem, smo ugotavljali fungicidno učinkovitost nekaterih novjših biocidnih pripravkov proti glivam modrivkam.

Testirali smo tri vrste novjših biocidov, ki so v pripravku predstavljali samostojen biocid ali pa kombinacijo biocidov v pripravku. Biocidi, ki so tvorili pripravke so propikonazol, IPBC in borati. Skupaj smo po standardu SIST EN 152/1 testirali učinkovitost osmih različnih biocidnih pripravkov in kontrolne vzorce. Testni glivi modrivki (*Aureobasidium pullulans* in *Sclerophoma pithyophilla*) sta bili v času testiranja aktivni in vitalni. Dokaz za to so močno pomodreli kontrolni vzorci.

Na učinkovitost biocidnih pripravkov vpliva njihova stabilnost, ki je odvisna od zunanjih dejavnikov (UV svetloba, padavine, temperatura...). Vpliv stabilnosti na učinkovitost smo preizkušali z umetno pospešenim staranjem. Vzorce, izpostavljene umetno pospešenemu staranju, smo primerjali z neizpostavljenimi vzorci. V vseh primerih je umetno pospešeno staranje poslabšalo učinkovitost biocidnih pripravkov. Standard SIST EN 152/1 sicer predpisuje izpostavitve vzorcev v naravi za šest mesecev, vendar obstaja možnost, da bi v tem obdobju na vzorce delovali tudi biotski dejavniki. Zato smo staranje izvedli na UPS napravi, ki je proces umetno pospešila.

Najučinkovitejši testni biocidni pripravek za zaščito proti glivam modrivkam je biocidni pripravek Vi (IPBC 0,32 %, Propikonazol 0,65 %, alkidna emulzija-8,4 % suhe snovi) ki bi bil primeren za komercialno uporabo.

7 VIRI

1. Benko R. 1987. Patologija lesa, lesna fitopatologija. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 122 str.
2. Biocidal Products Directive (98/8/EC). 1998. Official Journal of the European Communities L 123, 1-63
3. Carlile M., Watkinson S.C. 1994. The fungi. London, Academic press limited: 482 str.
4. Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood: Decay, pests and protection. London, Chapman & Hall: 546 str.
5. Gorišek Ž. 2006. Trajnost lesa. Korak, 17, 6: 27-30
6. Gorše M. 2005. Vpliv alkilamonijevega klorida na vezavo in učinkovitost bakrovih pripravkov. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 57 str.
7. Humar M., Pohleven F. 2000. Značilnosti razkroja lesa z rjavo trohnobo. Les, 52, 7-8: 229-234
8. Humar M. 2004. Zaščita lesa danes – jutri. Les, 56: 184 – 188
9. Humar M. 2005. Zaščita lesa; zapiski iz predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
10. Humar M. 2008. Zaščita lesa-kam gremo? V: Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Manja Kitek Kuzman (ur.). Ljubljana: 102-107
11. Kervina-Hamović Lj. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, BF - Oddelek za lesarstvo
12. Kocjanc B. 1999. Učinkovitost novjših biocidov proti glivam modrivkam. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 46 str.
13. Lesar B., Humar M. 2007. Borove spojine za zaščito lesa I. del: Zgodovina in toksične lastnosti. Les, 59: 7-8
14. Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva Slovenije: 221 str.
15. Podlesnik B. 2007. Učinkovitost pripravkov na osnovi bora in etanolamina na lesne glive. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 58 str.

16. Poglajen M. 2008. Določanje mejnih fungicidnih vrednosti borove kisline. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 63 str.
17. Pohleven F., Petrič M. 1992. Ekološke perspektive zaščite lesa pred škodljivci. Nova proizvodnja, 43, 3: 94-98
18. Pohleven F. 2000. Ogroženost lesnih predmetov kulturne dediščine z glivami. Les v restavratorstvu, RES, 4: 25 - 30
19. Pohleven F. 2004. Patologija lesa; zapiski iz predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
20. Pohleven F. 2008. Konstrukcijska zaščita lesa pred škodljivci. V: Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Manja Kitek Kuzman (ur.). Ljubljana: 96-100
21. Ribič T. 2006. Odpornost s silicijevimi spojinami modificiranega lesa proti modrenju. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 34 str.
22. Richardson B.A. 1993. Wood preservation. London, E & FN: 226 str.
23. SIST EN 152-1: 1996 - Metode preskušanja zaščitnih sredstev za les – Laboratorijska metoda za določanje preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva proti glivam modrivkam - 1. Del: Nanašanje s premazovanjem - *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.
24. SIST EN 335-1: 1995 - Trajnost lesa in lesnih materialov - Definicija razredov ogroženosti pred biološkim napadom - 1. del: Splošno - *Durability of wood and wood-based products - Definition of hazard classes of biological attack - Part 1: General*: 4 str.
25. SIST EN 335-2: 1995 - Trajnost lesa in lesnih materialov - Definicija razredov ogroženosti pred biološkim napadom - 2. del: Uporaba pri masivnem lesu - *Durability of wood and wood-based products - Definition of hazard classes of biological attack - Part 2: Application to solid wood*: 8 str.
26. SIST EN 350-2: 1995 - Trajnost lesa in lesnih izdelkov - Naravna trajnost masivnega lesa - 2. del: Naravna trajnost in možnost impregnacije izbranih, v Evropi pomembnih vrst lesa - *Durability of wood and wood-based products -*

Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe: 42 str.

27. Solvent Emissions Directive 2004/42/CE 2004 o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih barvah in lakih in proizvodih za ličenje vozil ter o spremembi Direktive 2004/42/CE Official Publications of the European Communities L013, s. 1-26.
28. Unger A., Schniewind A.P., Unger W. 2001. Conservation of Wood Artifacts. Berlin, Springer: 578 str.
29. Vek V. 2007. Spremembe mehanskih lastnosti lesa zaradi delovanja gliv modrivk. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 58 str.

ZAHVALA

Ob koncu študija bi se rad zahvalil svojemu mentorju prof. dr. Francu Pohlevnu za pomoč in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge, ter vsem zaposlenim v Razvojnem oddelku podjetja Helios Group, Belinka Belles d.o.o., ki so priskrbeli material in pomagali pri izvedbi poizkusa diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi recenzentu, doc. dr. Mihi Humarju za vse nasvete, ki sem jih s pridom uporabil pri pisanju diplomske naloge.

Zahvala gre tudi tehnični sodelavki Andreji Klinar za pomoč pri eksperimentalnem delu diplomske naloge.

Najlepša zahvala pa gre moji družini, za vsa leta podpore na poti k uresničitvi zastavljenega cilja.