

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

David ŠUSTER

**UGOTAVLJANJE NARAVNE ODPORNOSTI PALMOVINE (*Cocos
nucifera*) IN LESA KAVČUKOVCA (*Hevea brasiliensis*) NA
TROHNENJE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**DETERMINATION OF NATURAL DURABILITY OF PALM (*Cocos
nucifera*) AND RUBER WOOD (*Hevea brasiliensis*) AGAINST WOOD
DECAY FUNGI**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2005

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval prof. dr. Franca Pohlevna, za somentorja doc. dr. Miha Humarja in za recenzenta prof. dr. Marka Petriča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

David Šuster

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*814.1:630*844
KG	les/naravna odpornost/kokos/ <i>Cocos nucifera</i> /kavčukovec/ <i>Hevea brasiliensis</i> /glive razkrojevalke/mini blok test
AV	ŠUSTER, David
SA	POHLEVEN, Franc (mentor)/HUMAR, Miha (somentor)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2005
IN	UGOTAVLJANJE NARAVNE ODPORNOSTI PALMOVINE (<i>Cocos nucifera</i>) IN LESA KAVČUKOVCA (<i>Hevea brasiliensis</i>) NA TROHNENJE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 36 str., 9 pregl., 1 sl, 21 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Raziskali smo naravno odpornost kokosove palme (<i>Cocos nucifera</i>) in kavčukovca (<i>Hevea brasiliensis</i>) na glive povzročiteljice trohnenja iz našega geografskega področja. Naravno odpornost smo preizkusili z mini blok testom. S testiranjem smo ugotovili, da so glive bele trohnobe bolj razkrojile vzorce kot glive rjave trohnobe. Palmovina in les kavčukovca se po standardih (SIST EN 350-1 in SIST EN 460) za določitev naravne odpornosti uvrščata med neodporne drevesne vrste. Zaradi naravne odpornosti na glive bele trohnobe je les kokosove palme in kavčukovca primeren za uporabo v 2. in 3. razredu ogroženosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 630*814.1:630*844
CX	natural durability/cocos/ <i>Cocos nucifera</i> /rubber wood/ <i>Hevea brasiliensis</i> / wood decay fungi/mini block test
AU	ŠUSTER, David
AA	POHLEVEN, Franc (supervisor)/HUMAR, Miha (co-supervisor)/ PETRIČ, Marko (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2005
TI	DETERMINATION OF NATURAL DURABILITY OF PALM (<i>Cocos nucifera</i>) AND RUBBER WOOD (<i>Hevea brasiliensis</i>) AGAINST WOOD DECAY FUNGI
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	VIII, 36 p., 9 tabl., 1 fig., 21 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Natural durability of palm (<i>Cocos nucifera</i>) and rubber tree (<i>Hevea brasiliensis</i>) wood against wood decay fungi from our geographical area was researched. The natural durability was proved with a mini block test method. The test showed that the white rot fungi were more successful in decomposing the specimens than the brown rot fungi. According to the natural durability standards (SIST EN 350-1 and SIST EN 460) the palm and rubber wood classify as non-durable species. Palm and rubber wood are suitable for use in 2nd and 3rd class of endangerment because of the natural durability.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 LES IN LESNATE RASTLINE.....	2
2.2 OPIS KOKOSOVE PALME (<i>Cocos nucifera</i>).....	2
2.2.1 Rastišče	2
2.2.2 Ime	3
2.2.3 Botanični opis.....	3
2.2.4 Uporaba	4
2.2.5 Lastnosti palmovine.....	4
2.3 OPIS KAVČUKOVCA (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	5
2.3.1 Rastišče	5
2.3.2 Ime	5
2.3.3 Botanični opis.....	5
2.3.4 Uporaba	6
2.3.5 Lastnosti kavčukovine.....	6
2.4 LESNE GLIVE.....	6
2.4.1 Bela ali korozivna trohnoba	7
2.4.2 Rjava ali destruktivna trohnoba	9
2.5 NARAVNA ODPORNOST LESA	14
2.5.1 Določanje naravne odpornosti lesa proti lesnim glivam	14
3 MATERIALI IN METODE	16
3.1 MATERIALI	16
3.1.1 Vzorci.....	16
3.1.2 Uporabljeni izolati lesnih gliv.....	16
3.1.3 Gojišče	17
3.2 METODE	17
3.2.1 Priprava vzorcev.....	17
3.2.2 Sterilizacija vzorcev.....	17
3.2.3 Priprava hranilnih gojišč	17
3.2.4 Vstavljanje vzorcev.....	18
3.2.5 Vizualno ocenjevanje naravne odpornosti lesa na glive	19
3.2.6 Gravimetrično določanje izgube mase.....	19
3.2.7 Barvne reakcije za določanje prisotnosti flouridnih ionov (F ⁻), bakrovih(II) ionov (Cu ²⁺) in borovih ionov (B ³⁺).....	20
3.2.7.1 Določanje flouridnih ionov.....	20
3.2.7.2 Določanje bakrovih ionov	20
3.2.7.3 Določanje borovih ionov	20

4 REZULTATI.....	22
4.1. REZULTATI PRVEGA DELA MINI BLOK TESTA – TESTIRANJE ZAŠČITENIH VZORCEV.....	22
4.1.1. Vizualna ocena preraščanja vzorcev pri prvem mini blok testu.....	22
4.1.2. Določanje zaščitnih sredstev v lesu	23
4.1.3 Vlažnost vzorcev po izpostavitvi	23
4.1.4 Izguba mase vzorcev.....	24
4.2. REZULTATI DRUGEGA DELA MINI BLOK TESTA – TESTIRANJE NEZAŠČITENIH VZORCEV	26
4.2.1. Vizualna ocena preraščanja micelija	26
4.2.2 Vlažnost vzorcev po izpostavitvi	27
4.2.3 Izguba mase vzorcev.....	28
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	30
5.1 RAZPRAVA.....	30
5.2 SKLEP	32
6 POVZETEK.....	33
7 VIRI IN LITERATURA	34

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Razredi odpornosti lesa, določeni na podlagi izgube mase vzorcev, po izpostavitvi glivam razkrojevalkam.....	15
Preglednica 2: Uporabljeni izolati gliv rjave in bele trohnobe.....	16
Preglednica 3: Vizualne ocene priraščanja micelija.....	19
Preglednica 4: Vizualna ocena preraščanja vzorcev lesa z glivami po četrtem tednu izpostavitve (prvi poizkus).	22
Preglednica 5: Povprečne vrednosti vlažnosti vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (prvi poizkus).....	24
Preglednica 6: Povprečne izgube mase vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (prvi poizkus).	25
Preglednica 7: Vizualna ocena preraščanja vzorcev lesa z glivami po četrtem tednu izpostavitve (drugi poizkus).	26
Preglednica 8: Povprečne vlažnosti vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (drugi poizkus).....	27
Preglednica 9: Povprečne izgube mase vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (drugi poizkus).	29

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Vstavljanje vzorcev v petrijevko.....	18

1 UVOD

V tropih gospodarsko izkoriščajo relativno majhen delež rastlinskih vrst. Na evropski trg bi radi, poleg ekonomsko zanimivih, prodrli tudi s komercialno manj znanimi naravnimi materiali, ki jih gojijo na plantažah. V Gani kokosovo palmo (*Cocos nucifera*) in kavčukovec (*Hevea brasiliensis*) zelo pogosto gojijo na plantažah, medtem ko jih v gozdu le redko najdemo. Gojenje omenjenih rastlin na plantažah poteka zaradi pridelave kokosovih orehov oziroma kavčuka. Zato jih večina teh dreves posekanih po 30 do 50 letih, nakar jih večinoma porabijo v energetske namene. V ugodnih pogojih pa bi lahko brez težav dosegla starost tudi do 100 let. Iz tega materiala bi lahko dobili kaj več in ne le energijo. Zato bi želeli razširiti možnost njihove uporabe v gradbeništvu in lesni industriji. Pomemben dejavnik, ki odločilno vpliva na uporabo obeh vrst lesa v gradbeništvu, je njuna odpornost. V Evropi nimamo praktičnih izkušenj s trajnostjo teh materialov, zato smo najprej določili njuno odpornost proti trohnenju.

Namen diplomske naloge je bil določiti odpornost lesa kavčukovca in palmovine proti najpomembnejšim lesnim glivam v srednjeevropskem prostoru. Iz rezultatov bomo sklepali o primernosti njune uporabe glede na mesto uporabe in o nujnosti zaščite izdelkov v naših podnebnih razmerah.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 LES IN LESNATE RASTLINE

Les je botanično sekundarni ksilem, ki ga kambij v procesu sekundarne (debelitvene rasti) producira navznoter, to je v smeri stržena. Tehnično ga je mogoče definirati kot trdo vlakneno snov pod skorjo debel in vej dreves ter grmov (Čufar, 2001).

Les je zelo pomemben material in ima v svetu velik ekonomski pomen. V zgodovini človeštva predstavlja enega izmed najpomembnejših obnovljivih materialov. Njegove izjemne lastnosti in naravna odpornost so človeku zagotavljale material za najrazličnejšo uporabo (za kurjavo, izdelavo orodja in orožja, pohištva, v gradbeništvu, za izdelavo transportnih sredstev) (Eaton in Hale, 1993).

2.2 OPIS KOKOSOVE PALME (*Cocos nucifera*)

2.2.1 Rastišče

Naravno rastišče kokosove palme (*Cocos nucifera*) je v najbolj vlažnih predelih tropskega sveta. V Aziji ga najdemo v Indiji, Indoneziji in na Šrilanki. V centralni in južni Ameriki je njegovo rastišče omejeno na Mehiko in Brazilijo. Kokosova palma je zelo pogosta alohtona rastlina v Afriki in sicer v Mozambiku, Tanzaniji in Gani (Anonimus, 2005).

2.2.2 Ime

Družina: *Arecaceae* - palmovke

Rod: *Cocos* - kokos

Vrsta: *nucifera*

Kokos (*Cocos nucifera*) je po vsej verjetnosti dobil ime iz portugalsščine, kjer so poimenovali kokos po opici. Oblika njegovega nezrelega oreha spominja namreč na glavo opice. Portugalska beseda za opico je macaco, iz tega bi naj izpeljali besedo coco, ki danes pomeni kokosov oreh (Anonimus, 2005).

Drugi del latinskega imena *nucifera* pa je sestavljen iz dveh latinskih besed *nux* (nucis-oreh) in besede *fero* (nositi, pridelovati). Tako bi bil prevod sestavljenke *Nucifera*-pridelovalec ali nosilec orehov (Anonimus, 2005).

2.2.3 Botanični opis

Kokosova palma je dolgo živeča rastlina, saj je njena življenjska doba do 100 let. Prepoznamo jo po enojnem deblu, ki zraste od 20 do 30 m v višino, premer debla je do 40 cm. Na vrhu drevesa je krošnja z listi. Ob deblu v krošnji rastejo kokosovi orehi.

Lubje kokosove palme je gladko, sivkaste barve, z okroglimi brazgotinami, ki so ostale od odpadlih listov, medtem ko je palma rasla.

Listi na kokosovi palmi so zelo številčni, dolgi 4 do 6 m in na najširšem delu široki okoli 15 cm. Po obliki so podolgovato suličasti in rahlo ukrivljeni nazaj. Ploskev listov je svetlo zelene barve. Listi so pernati, prevlečeni z vlakni. Na njih je jasno vidna stkana mreža rjave barve. Listni peclji so dolgi do 2 m in 15 cm široki.

Kokosova palma ne tvori lesa, vendar jo bomo zaradi praktičnosti v nadaljevanju obravnavali kot les. Plodovi kokosove palme so zelo veliki kokosovi orehi. Lahko dosežejo

velikost človeške glave in tehtajo en do dva kg. Kokosovi orehi so po obliki eliptični do rahlo jajčasti, imajo mehko lupino sivo-rjave barve. Lupina je vlaknasta in 4 do 6 cm debela (Anonimus, 2005).

2.2.4 Uporaba

V deželah, kjer raste kokos, domačini gojijo različne vrste kokosovih palm. Nekatere uporabljajo za proizvodnjo kobre (posušeno jedro kokosovega oreha), druge vrste so uporabne za pripravo kokosovega mleka za kuhanje, spet tretja vrsta pa je bolj okusna zaradi svežega kokosovega mleka.

Kokosova palma ostaja najbolj pomembna domača palma v vaseh tropskega podnebnege pasu. Kokosove palme se uporabljajo tudi v gradbene namene. Debla so primerna za hiše kjer jih uporabljajo kot opornike, predelana debla pa za parket. Liste porabijo za pokrivanje strehe, za oblačila, iz njih pletejo klobuke, za izdelovanje košar, predpražnikov, domačih pripomočkov (žlice, metle). Kokosovi orehi so uporabni za uživanje, prav tako je uporaben tudi rastlinski sok za pridelavo sladkorja ali poznejšo fermentacijo le-tega v vino ali kis. Zaradi vsesplošne uporabnosti ni presenetljivo, da je kokosova palma najbolj priljubljena rastlina v tropskem svetu (Anonimus, 2005).

2.2.5 Lastnosti palmovine

Gostota debelnega materiala kokosove palme je 720 kg/m^3 . Toplotna prevodnost je $0,115 \text{ W/mK}$, toplotni upor pa $0,246 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Ajibola in sod., 1994).

O ostalih lastnostih palmovine (*Cocos nucifera*) ni veliko znanega.

2.3 OPIS KAVČUKOVCA (*Hevea brasiliensis*)

2.3.1 Rastišče

Naravno rastišče kavčukovca (*Hevea brasiliensis*) je porečje Amazonke (Brazilija, Venezuela, Ekvador, Kolumbija, Peru in Bolivija). Po izumu postopka vulkanizacije, so kavčukovec pričeli gojiti na plantažah, tudi v drugih delih tropskega sveta. Danes gojijo kavčukovec v jugovzhodni Aziji (Indonezija, Malezija, Indija, Šrilanka, Tajska) in v zahodni Afriki (Liberija, Gana). V tem predelu sveta pridelajo večino svetovne proizvodnje kavčuka (Reed, 1976).

2.3.2 Ime

Družina: Euphorbiaceae - mlečkovke

Rod: *Hevea* - kavčuk

Vrsta: *brasiliensis*

2.3.3 Botanični opis

Kavčukovec (*Hevea brasiliensis*) zraste tudi do 40 m v višino in ima do 50 cm premera. Deblo je gladko in ravno, brez vej do vrha drevesa, kjer drevo tvori krošnjo v obliki baldahina. Skorja je sivkasta. Glavna korenina je dobro razvita. Listni peclji so dolgi od 7,5 do 10 cm, listi so izmenični trilistni, jajčaste oblike z ožjim delom spodaj. List je na vrhu priostren, v obliki peresa. Dolg je 10 do 15 cm, širok 3 do 6 cm. Cvetovi so številčni, dvospolni, kremasto rumene ali zelene barve. Ženski cvetovi so konični, bolj številčni moški cvetovi pa so obojestransko razcveteni. Cvetnega lista ni. Sadež je tri krpast, s tremi semeni v obliki eliptične kapsule. Vsak plodni list ima eno seme. Semena so eliptična, različnih velikosti: 2,5 do 3 cm dolgi, lisasto sijoče rjavi, težki 2 do 4 g (Reed, 1976).

2.3.4 Uporaba

Kavčukovec uporabljajo predvsem za proizvodnjo kavčuka na plantažah. Kavčuk pridobivajo tako, da v drevesno skorjo zarežejo utor v obliki spirale, po katerem steče drevesni sok (kavčuk), ki se potem zbira na koncu spirale v posodicah pod drevesom. Surovi kavčuk nato vulkanizirajo. Vulkanizirano gumo lahko uporabljajo za vse gumene proizvode. Semena kavčukovca uporabljajo za proizvodnjo semenskega olja, iz katerega izdelujejo mila. Kljub temu, da so surova semena strupena, ki pa so ob ustrezni pripravi užitna. S kuhanjem se odstranita strup in olje iz semen. S semeni se ljudje prehranjujejo v obdobjih pomanjkanja hrane. Semena vsebujejo 40 do 50 % blede rumenega olja, ki ga lahko uporabljajo v proizvodnji mila, barv, firneža in lakov. Zelo pa je učinkovit proti mrčesu in ušem (Duke, 1983).

2.3.5 Lastnosti kavčukovine

Črnjava je belkasta, takoj po poseku pa svetlo rjava z rožnatimi lisami in se ne razlikuje od beljave. Tekstura je zmerno groba in monotona. Vonj lesa je značilno kiselkast.

Specifična teža lesa je 550 do 650 kg/m³ lesa. Fizikalne lastnosti še niso določene, vendar naj bi bile primerljive z lastnostmi borovine (*Pinus sylvestris*). Sušenje kavčukovca poteka hitro, vendar je podvržen zvijanju. Les se dobro obdeluje (žaga, skoblja, brusi), rad pa razpoka pri zabijanju žebeljev. Odpornost lesa proti lesnim škodljivcem in glivam je slaba. Kemična zaščita lesa je potrebna, da se izognemo modrenju in napadu drugih lesnih škodljivcev. Les kavčukovca je dovzeten na napade termitov. Pri impregnaciji omogoča zadovoljiv navzem zaščitnih sredstev, če uporabljamo primerne kotelske postopke (Chudnoff, 1984).

2.4 LESNE GLIVE

Glive prave razkrojevalke lesa, delimo na tiste, ki razkrajajo celulozo (rjava trohnoba) in tiste ki razgrajujejo lignin (bela trohnoba).

2.4.1 Bela ali korozivna trohnoba

Glive, ki povzročajo belo trohnobo, razkrajajo lignin. Pri tem sodelujejo predvsem lignolitične oksigenaze. Med njimi so zelo aktivne peroksidaze, s pomočjo katerih se tvori peroksid, ki tudi sodeluje pri razgradnji lignina. Okužbo lesa z glivami bele trohnobe spoznamo, ker les postaja zmerom svetlejši (vzrok je razgradnja lignina). Piravost je netipična bela trohnoba, območja različnih stopenj razkroja lesa ločujejo temne črte. Razkrojen les se vlaknasto ali lamelno cepi. Glive povzročiteljice bele trohnobe pogosteje okužijo les listavcev kot iglavcev. Med najpogostejšimi glivami povzročiteljicami bele trohnobe so: pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), grbasta ploskocevka (*Trametes gibbosa*), kosmata ploskocevka (*Trametes hirsuta*), dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*), škrlatnordeča slojevka (*Chondrostereum purpureum*), pahljačica (*Schizophyllum commune*), ostrigar (*Pleurotus sp.*), štorovka (*Armillariella mellea*), ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*), *Ceriporiopsis subvermispora* ... (Eaton in Hale, 1993).

V nadaljevanju so opisane najpomembnejše glive povzročiteljice bele trohnobe, ki smo jih uporabili tudi v naši diplomski nalogi.

Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Gliva sodi med najbolj razširjene vrste na svetu. Okužuje predvsem les listavcev (bukev, hrast, kostanj, robinija), redkeje les iglavcev (smreka, bor). Zelo pogosto jo najdemo na štorih, jamskem lesu, pragovih, drogovih, ograjah ...

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

Optimalna temperatura je 30°C, maksimalna pa 38°C. Gliva je odporna proti dolgotrajni suši in visokim temperaturam.

Pisana ploskocevka povzroča tipično belo trohnobo beljave in okužuje predvsem jedrovino (bukev). V začetku okužbe dobiva les bele pege, pozneje pa postane popolnoma bel in lahek. Gliva razgrajuje lignin in deloma celulozo (Benko in sod., 1987).

Ostrigarji (*Pleurotus sp.*)

Poznamo več vrst ostrigarjev *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus columbinus*, *Pleurotus pulmonaris*...

Pri nas je najbolj poznana vrsta zimski ali bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*). Obstaja več različic te glive, ki se med seboj razlikujejo po velikosti, barvi klobukov, čvrstosti mesa in po okusu. Bukov ostrigar ima klobuk školjkaste oblike, sivkasto-okraste do rjave barve, ki pa s starostjo porumeni. Klobuk meri 5 do 15 cm, celotni šop glive pa ima do 35 cm premera. Klobuk je ekscentrično priraščen na bet, dolžine 2 do 7 cm. Ostrigarje najdemo jeseni, pa vse tja do zime. Rasti začne jeseni, ko temperatura pade pod 15°C. Rast ostrigarja se pospeši s krajšimi obdobji nizkih temperatur (temperaturni šok). Rastejo na listavcih (na panjih, hlodih, lesnih ostankih, skladovnicah), redko pa jih najdemo na iglavcih (Pace, 1977; Vrščaj in sod., 1982).

Ceriporiopsis subvermispora

Ceriporiopsis subvermispora spada med prostotrosnice in povzroča belo trohnobo. Ima zelo veliko lignotično aktivnost. Za razkroj lignina uporablja predvsem dva encima: mangan peroksidazo in lakazo, izoencimov ligninperoksidaz pa ne proizvaja (Tavzes, 2003).

Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)

Hypoxylon fragiforme ali ogljena kroglica je ena redkih vrst gliv, ki povzroča belo trohnobo ter spada med zaprtotrosnice. Je zelo pogost primarni saprofit bukve in drugih listavcev. Na lesu povzroča piravost, to je netipično belo mozaično trohnobo oz. temnenje lesa v pasovih, ki so med seboj ločeni s temnimi črtami. Trosnjake tvori v hemisferičnih do skoraj sferičnih stomah, ki imajo obliko čvrstih, trdnih kroglic, velikosti 2-7 × 2-5 mm (Vesel Tratnik, 1994).

Dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*)

Povzročča belo trohnobo hrastovine. Najdemo jo predvsem na beljavi, lahko pa okuži tudi jedrovino in povzroči trohnobo nepravilnih oblik. Gospodarsko je zanimiva predvsem kot razkrojevalka hrastove beljave, lahko pa jo najdemo tudi na bukovini in drugih listavcih. Optimalna temperatura za razvoj glive je okrog 10, maksimalna pa do 35°C. Raste tudi pri nizkih temperaturah nad 0°C. Gliva je zelo občutljiva na pomanjkanje kisika. V lesu se lahko nahaja, če je vlažnost lesa višja od 35 % (Benko in sod., 1987).

2.4.2 Rjava ali destruktivna trohnoba

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

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

Med najpogostejšimi glivami, ki povzročajo rjavo trohnobo, so: žvepleni luknjičar (*Laetiporus sulphureus*), navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*), siva hišna goba, solzivka (*Serpula lacrymans*) in kletna goba (*Coniophora puteana*).

Glive povzročiteljice rjave trohnobe se pojavljajo pogosteje v stavbah kot na prostem. Zato pogosto povzročajo največjo gospodarsko škodo na nepravilno vgrajenem lesu (Eaton in Hale, 1993; Humar in Pohleven, 2000).

Žvepleni luknjičar (*Laetiporus sulphureus*)

Najdemo ga tako na listavcih kot tudi na iglavcih. Pojavljajo se v večjih skupinah v podnožju drevesa. Zelo pogosto okuži hrastova in robinjina drevesa v parkih ter hrastove izdelke večjih dimenzij. Trosnjak je na zgornji strani rdeče-rumene barve, na spodnji pa žvepleno rumene. Ima mehko meso. Okužen les postane na mestu okužbe rumenkast ali rdečkast. Drevo poka po strženovih trakovih in tangencialno. Razpoke so zapolnjene z micelijem glive. V končni stopnji pa je temno rdeča prizmatična trohnoaba. Optimalna temperatura za razvoj micelija (podgobja) je pri 30°C, razvija pa se v temperaturnem območju od 9 do 35°C. Gliva je ena izmed uničevalk listnatih dreves. Že v kratkem času je sposobna močno zmanjšati maso lesa. Gliva okužuje predvsem spodnje dele dreves, ki so vrednostno najboljše deli hloda (Benko in sod., 1987).

Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

Zelo razširjena je v Evropi, Avstraliji, Novi Zelandiji, Afriki in Severni Ameriki. Okužuje iglavce (smreka, bor) in listavce (bukev, robinija). Najdemo jo predvsem na lesenih konstrukcijah – na strešnih konstrukcijah, na mostovih, okenskih okvirjih, včasih tudi na drogovih, pragovih... Aktivni trosnjaki so temno rumene barve. Lamela in pore imajo nepravilno obliko in razpored. Trosi so brezbarvni, cilindrični, veliki $7-11 \times 3-4 \mu\text{m}$. V začetku je klobuk temno rumen, s starostjo potemni, včasih tudi zbledi. Optimalna temperatura za razvoj glive je 35, maksimalna pa 40°C. Trosi ohranijo kaljivost v suhem stanju tudi po enem letu. Navadna tramovka povzroča temno prizmatično trohnoabo, podobno drugim vrstam *Gloeophyllum*. Je zelo pogosta in nevarna razkrojevka stavbnega in gradbenega lesa (Benko in sod., 1987).

Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*)

Belo hišno gobo najdemo predvsem v severni in srednji Evropi. Okužuje vlažen les iglavcev, redkeje listavcev. Pojavlja se kot razkrojevka vgrajenega lesa in izdelkov, ki so v stiku z zemljo (v rudnikih).

Na okuženem lesu se na trebušni strani pojavi belo podgobje. Podgobje se širi kot ledene rože na oknih pozimi. Iz podgobja se razvijejo beli rizomorfi, ki so lahko debeli do 4 mm. Rizomorfi ostanejo beli in prožni tudi, ko goba ostari. Z rizomorfi goba prodira skozi

stene. Trosnjaki so različno veliki in se priraščajo na les kot blazinice. Na vodoravni površini je trosovnica obrnjena navzgor. Barva trosnjakov se s starostjo spreminja. Mladi so beli, starejši pa so rumenkasti do opečno rdeči. Trosovnico sestavljajo cevčice nepravilnih oblik. Bazidij z ledvičastimi bazidiosporami se razvije na himeniju. Troši so pri *Antrodia monticola* cilindrični do elipsoidni, pri *Antrodia vaillantii* pa elipsasto ovalni ter nekoliko večji. Bela hišna goba raste najintenzivneje pri temperaturi 27°C in pri okoli 40 % vlažnosti lesa. Pri optimalnih pogojih je lahko dnevni prirast gobe do 12,5 mm. Posebno ji prija vlaga, ki prodira v les v obliki vodnih kapljic. Zanimivo je, da bela hišna goba zelo dobro prenaša izsušitev. Gliva lahko še po petih letih sušnega obdobja zopet prične z rastjo, če vlažnost lesa zopet doseže 40 % (Unger, 2001).

Bela hišna goba povzroča rjavo destruktivno trohno. Če se les okuži z belo hišno gobo, zelo hitro izgublja upogibno trdnost. Zanimivo je, da se udarna trdnost močno zmanjša že takrat, ko komaj zaznamo izgubo mase. Bela hišna goba povzroča veliko škode predvsem na tehničnem lesu (Benko in sod., 1987).

Siva hišna goba, solzivka- (*Serpula lacrymans*)

Siva hišna goba ali solzivka je razširjena po vsej Evropi, zlasti v krajih z višjo relativno vlago in manjšim številom sončnih dni. Najpogosteje jo najdemo na starih stavbah. Drugje je skorajda ne najdemo. Okužuje les iglavcev in listavcev. Ne omejuje se le na stavbni les in pohištvo, teveč okužuje tudi vse druge predmete, ki vsebujejo celulozo (knjige, tkanine, tapete, papir, preproge, slike...).

Trosnjak je sprva mesnat, nato kožast in se s celo površino prirašča na podlago. Mladi trosnjaki so svetlo sivi, z dozorevanjem postanejo rdečkasto-rjavi. Rob ostane vselej svetel, skoraj bel. Trosovnica je na zgornji strani trosnjaka in je nagubana. V gubah se razvijajo troši. Na površini trosovnice se pojavljajo kapljice vode, po čemer je goba tudi dobila ime – solzivka. Vodne kapljice nastajajo kot produkt kemične razgradnje celuloze (celuloza se v končni fazi razgradi v CO₂ in H₂O). Goba se zato lahko razvija tudi v popolnoma suhem lesu, saj si potrebno vlago ustvarja sama. Velikost trosnjaka je od nekaj cm pa do 1,5 m. Troši so eliptični, veliki 9-10 × 5-6 μm, rjavkasto-rdeči, pod mikroskopom pa rumeno-oranžni.

Solzivka se dobro razvija v mokrem, vlažnem in nezračenem prostoru. Optimalna temperatura je 23°C, maksimalna 25 do 26°C, minimalna pa -3°C. V optimalnih razmerah zraste za 3 mm na dan. Občutljiva je na dnevno svetlobo, prepih in zlasti na zvišano temperaturo. V ugodnih razmerah ostanejo trosi vitalni tudi do tri leta. Ne okužuje lesa z manj kot 20 % vlage.

Les, okužen s sivo hišno glivo, se takoj spremeni. Gliva povzroča rjavo, suho, destruktivno trohno. Najprej je les svetlejši, potem rumeno-rjav in lažji, nato se razmehča in postane siv, rumenkasto-rjav ter prizmatično razpoka. V končni fazi postane les temno rjav, kakor zoglenel in se pod najmanjšim pritiskom drobi v prah. Hkrati z okužbo se zmanjšujejo tudi fizikalne in kemične lastnosti lesa. Če so razmere za glivo optimalne, lahko les po 12 tednih izgubi tudi do 40 % svoje mase, po 18 tednih pa do 62 %. Dinamična trdnost se pri tem zmanjša tudi do 50, tlačna pa do 20 % (Cockcroft, 1979).

Siva hišna goba je najnevarnejša in najbolj razširjena razkrojevalka vgrajenega gradbenega lesa. Ne razkrajata samo lesa, ampak povzročata tudi korozijo betona, opeke in drugih materialov. Zato zaradi nje nastaja velikanska gospodarska škoda (Benko in sod., 1987).

Kletna goba (*Coniophora puteana*)

Kletna goba je razširjena predvsem v Evropi, manj v Ameriki. Okužuje vse vrste lesa iglavcev in listavcev. Najdemo jo predvsem v novih in vlažnih stavbah z zelo visoko vlažnostjo. Razvija se tudi na drogovih, pragovih, jamskem lesu, ograjah, gradbenem lesu, lahko pa tudi na skladiščih hlodovine v gozdu in žagarskih obratih, kjer hlodi ležijo na tleh ter se tako navlažujejo.

Kletna goba se razvija na trebušni strani okuženega debla, lahko pa tudi po vlažnih stenah, kjer se pojavijo koreninasto razvejani, tanki, lasasti površinski rizomorfi. V začetku kot bela pajčevinasta prevleka, pozneje postanejo rumeno rjavi, ko ostarijo pa so črno rjavi. Rizomorfi se razraščajo koreninasto, so črno rjave barve in se težko odtrgajo od lesa. Ker se trosnjaki razvijajo zelo kasno, okužbe dolgo ne opazimo. Trosnjaki so jajčaste oblike, v

začetku bledo rumeni, pozneje temno rjavi in jih težko odstranimo s podlage. Trosovnicca je bradavičasta, premer bradavic je do 5 mm.

Optimalna temperatura za razvoj je 23 do 24°C. Temperaturni razpon, v katerem goba raste, je med 3 in 38°C. Za njen razvoj pa je potrebna visoka vlažnost lesa. Optimalna vlažnost je med 50 in 60 %, minimalna pa 24 %. Gliva je zelo občutljiva na sušenje in se ne regenerira, če se okužen les ponovno navlaži. Raste zelo hitro, saj v optimalnih laboratorijskih razmerah priraste tudi do 13,5 mm na dan.

Kletna goba povzroča temno rjavo destruktivno trohnobo lesa iglavcev in listavcev, s prizmatično razpokanostjo pod nedotaknjeno površino. V prvi stopnji se na lesu pojavijo rumeno rjave pege, ki postajajo vse temnejše in v končni fazi les razpade v prizmatične delce. Razpoke se pojavijo v smeri lesnih vlaken, pozneje v porah. V laboratorijskih razmerah izgubi les po 16 tednih tudi do 68 % mase.

Kletna goba je ena najpogostejših lesnih gliv. Povzroča tudi preperelost opeke in betona. Njena uničevalna moč je podobna solzivkini, včasih jo celo prekaša. Nevarna je tudi zato, ker s svojim delovanjem omogoči razvoj solzivke. Velikokrat ju najdemo skupaj in takrat je razkroj še intenzivnejši (Benko in sod., 1987).

2.5 NARAVNA ODPORNOST LESA

Naravna odpornost lesa je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje dovzetnost na škodljivce (Pohleven, 2001).

Od naravne odpornosti lesa je odvisna njegova trajnost in s tem tudi njegova uporabnost. Odpornost lesa je odvisna od kemične sestave lesa (ekstraktivne snovi) in anatomske zgradbe (gostota). Trajnost lesa je obdobje, v katerem les ohrani vse svoje naravne lastnosti. Odvisna je od njegove naravne odpornosti ter načina in mesta uporabe (Pohleven, 2001).

Ekstraktivne snovi kot so škrob, sladkorji in beljakovine, zmanjšujejo naravno odpornost lesa. Smole, tanini, barvila, pektini, alkaloidi, glikozidi in fenoli pa delujejo preprečevalno in les varujejo pred škodljivci.

Lesne vrste delimo v več skupin glede na naravno odpornost:

- zelo odporne drevesne vrste, s trajnostjo do 25 let: tisa (jedrovina), akacija (jedrovina), hrast (jedrovina), bor (jedrovina);
- odporne drevesne vrste, s trajnostjo 15-20 let: kostanj (jedrovina), macesen (jedrovina);
- zmerno odporne drevesne vrste, s trajnostjo 10-15 let: brest (jedrovina), oreh (jedrovina), duglazija (jedrovina);
- neodporne drevesne vrste, s trajnostjo 5-10 let: smreka, jelka, bukev;
- zelo občutljive drevesne vrste, s trajnostjo do 5 let: javor, breza, gaber, lipa, topol, platana, vrba, bor (beljava) (Pohleven, 2001).

2.5.1 Določanje naravne odpornosti lesa proti lesnim glivam

Naravno odpornost lesa najlaže določamo v skladu s standardoma SIST EN 350-1 in SIST EN 460. Vzorce smo osem tednov izpostavili čistim kulturam lesnih gliv (bele in rjave trohnobe), nato pa jih na podlagi izgube mase uvrstimo v pet razredov odpornosti, kot je razvidno iz preglednice 1.

Preglednica 1: Razredi odpornosti lesa, določeni na podlagi izgube mase vzorcev, po izpostavitvi glivam razkrojevalkam.

RAZRED ODPORNOSTI	OPIS	IZGUBA MASE [%]
1	Zelo odporne drevesne vrste	≤ 5
2	Odporne drevesne vrste	>5 do ≤ 10
3	Zmerno odporne drevesne vrste	>10 do ≤ 15
4	Neodporne drevesne vrste	>15 do ≤ 30
5	Zelo občutljive drevesne vrste	>30

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Vzorci

Vzorci smo izdelali iz kokosove palme in kavčukovca, za primerjavo pa še iz lesa smreke in bukve.

3.1.2 Uporabljeni izolati lesnih gliv

Pri tej diplomski nalogi smo uporabili seve gliv povzročiteljice bele in rjave trohnobe (ki so navedeni v preglednici 2). Glive so podrobneje opisane v uvodnem delu.

Preglednica 2: Uporabljeni izolati gliv rjave in bele trohnobe.

GLIVA	GLIVA (slovensko ime)	TROHNOBA	ZIM ŠTEVILKA *
<i>Stereum hirsutum</i>	dlakava slojevka	bela	L047
<i>Coniophora puteana</i>	kletna goba	rjava	L008
<i>Ceriporiopsis subvermispota</i>		bela	**
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	navadna tramovka	rjava	L018
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	ogljena kroglica	bela	L108
<i>Laetiporus sulphureus</i>	žvepleni luknjičar	rjava	L020
<i>Pleurotus ostreatus</i>	ostrigar	bela	L030
<i>Antrodia vaillantii</i>	bala hišna goba	rjava	L073
<i>Serpula lacrymans</i>	siva hišna goba	rjava	L044
<i>Trametes versicolor</i>	pisana ploskocevka	bela	L057

(* Raspor in sod., 1995)

** ni podatka o ZIM številki

3.1.3 Gojišče

Za hranilno gojišče smo uporabili krompirjev dekstrozni agar (Potato Dextrose Agar - PDA, Difco).

3.2 METODE

3.2.1 Priprava vzorcev

Eksperimente smo izvedli v skladu z mini blok metodo oz. metodo majhnih vzorcev. Velikost vzorcev kokosove palme in kavčukovca je bila zaradi pomanjkanja materiala različnih velikosti. Vzorci so bili brez vidnih napak, grč, smolnih kanalov ali razpok. Pred izpostavitvijo glivam smo vzorce očistili in obrusili.

3.2.2 Sterilizacija vzorcev

Sterilizacijo vzorcev smo opravili tako, da smo vzorce zavili v papir in jih 30 min avtoklavirali pri tlaku 1,5 bar oziroma temperaturi 121°C. Po končani sterilizaciji smo vzorce takoj prenesli v laminarij, kjer smo jih odvili in počakali, da se ohladijo. Ohlajene smo nato vstavili v petrijevke s preraslim micelijem glive.

Sterilizacija vzorcev je zelo pomembna zato, da vzorce okužimo samo z glivo, s katero želimo, ne pa tudi z glivami iz okolja.

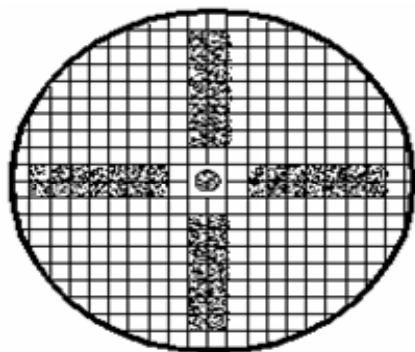
3.2.3 Priprava hranilnih gojišč

Hranilna gojišča smo pripravili v plastičnih petrijevkah za enkratno uporabo premera 90 mm. Uporabili smo hranilno gojišče (Potato Dextrose Agar - PDA, Difco), ki smo ga pripravili v steklenici po navodilu proizvajalca. Sterilizirali smo ga v avtoklavu 20 minut pri temperaturi 121°C, skupaj s plastičnimi mrežicami (premera 80 mm). Sterilno zaprte

petrijevke smo odprli v brezprašni komori in v vsako vlili približno 16 ml vročega hranilnega gojišča. Ko se je hranilno gojišče ohladilo in strdilo, smo v petrijevke vstavili plastične mrežice. V prostor na sredini smo nato vstavili cepič micelija glive. Zatem smo robove petrijevk zavili s folijo in jih označili. Inokulirane petrijevke smo postavili v rastno komoro (25°C, 85 % relativne zračne vlažnosti RH). Po enem tednu, ko so glive prerasle rastno gojišče, smo nadaljevali z eksperimentom.

3.2.4 Vstavljanje vzorcev

Z micelijem preraščene petrijevke smo obžgali v brezprašni komori. Nato smo vanje vstavili sterilne vzorce vseh štirih drevesnih vrst (slika 1). Zatem smo ponovno obžgali robove petrijevk in jih ovili s folijo in tako preprečili kontaminacijo z drugimi kulturami. Na pokrovčke petrijevk smo s flomastrom označili položaj vzorcev. Eksperiment je bil izveden v dveh delih. V prvem poskusu smo uporabili deset vrst gliv in 80 vzorcev vsake drevesne vrste, v drugem pa smo zaradi pomanjkanja materiala uporabili sedem vrst gliv in 35 vzorcev tropskih drevesnih vrst. Skupno število uporabljenih petrijevk je bilo 101.



Slika 1: Vstavljanje vzorcev v petrijevko.

3.2.5 Vizualno ocenjevanje naravne odpornosti lesa na glive

Rast gliv na lesnih vzorcih smo vizualno ocenjevali po štirih tednih izpostavitve (na polovici poizkusa). Na ta način smo dodatno ovrednotili odpornost vzorcev (preglednica 3). Preraščenost vzorcev smo ocenjevali z ocenami od ena (popolnoma preraščeno z micelijem) do pet (micelij sploh ne obrašča vzorca, popolna inhibicija)

Preglednica 3: Vizualne ocene priraščanja micelija

STONJA PRERAŠČANJA MICELIJA	(OBSEG) OPIS OCENE
1	Vzorec je popolnoma preraščen
2	Vzorec je močno obraščen, vendar ne popolnoma
3	Dobro viden micelij na vzorcu
4	Na vzorcu so vidne majhne sledi micelija
5	Vzorec ni obraščen

3.2.6 Gravimetrično določanje izgube mase

Po osmih tednih smo petrijevke odprli, odstranili vzorce in iz njih očistili ostanke micelija. Ponovno smo jih zložili po vrstnem redu in še mokre stehali. Nato smo jih posušili pri $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ in jih ponovno stehali. Iz razlik v teži smo izračunali izgubo mase in vlažnost vzorcev.

Izgubo mase smo izračunali po enačbo 1:

$$\text{izguba mase} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \% \quad \dots 1$$

m_1 ...masa absolutno suhih vzorcev pred okužbo

m_2 ...masa absolutno suhih vzorcev po okužbi

3.2.7 Barvne reakcije za določanje prisotnosti flouridnih ionov (F^-), bakrovih(II) ionov (Cu^{2+}) in borovih ionov (B^{3+})

V prvem delu poizkusa smo opazili, da glive niso preraščale impregniranih vzorcev, dobro pa so preraščali kontrolne vzorce. To je nakazovalo, da so glive sicer aktivne, vendar pa je bila rast gliv na palmovini kokosa in kavčukovini zaustavljena. Ker smo posumili, da so vzorci impregnirani z biocidi smo izvedli preprost barvni test. V večini klasičnih zaščitnih sredstev za les so prisotni bakrovi, flouridni in borovi ioni. Zato nas je zanimalo, ali je dobavitelj lesa morda vzorce kemično obdelal.

3.2.7.1 Določanje flouridnih ionov

Vzorec impregniranega lesa najprej prebrizgamo z vodo, da ga navlažimo. Nato ga prebrizgamo z mešanico raztopine A (vodna raztopina natrijevega alizarinsulfonata) in raztopine B (vodna raztopina cirkonijevega(IV) oksid klorida in solne kisline HCl) v razmerju 1 : 1. Po približno 20 min se pokaže rumena barva, kar potrjuje prisotnost flouridnih ionov. Če flouridnih ionov ni, je les obarvan rdeče.

3.2.7.2 Določanje bakrovih ionov

Vzorci lesa, pri katerih določamo globino prodora bakrovih ionov, so lahko sveži in jih po impregnaciji ni potrebno sušiti. Reagent, s katerim prebrizgamo površino lesa, je 1 do 2 % sveže pripravljena vodna raztopina kalijevega heksacianoferata(II), $K_4[Fe(CN)_6]$. Že po nekaj minutah se les, ki vsebuje več kot $0,4 \text{ kg Cu/m}^3$ lesa, obarva temno rjavo.

3.2.7.3 Določanje borovih ionov

Les, pri katerem določamo globino prodora oziroma prisotnost borovih ionov, mora biti suh (posušen v sušilniku in nato ohlajen). Uporabljamo dva reagent; reagent 1 in reagent 2. Reagent 1 je etanolni (alkoholni) ekstrakt korenov rastline kurkuma (*Rhizoma*

curcumae), ki vsebuje kurkumin. Reagent 2 pa je ekstrakt etanolne salicilne kisline v etanolu. Površino lesa najprej prebrizgamo s prvim, nato pa še z drugim reagentom. Po 10 do 20 minutah se les, ki vsebuje borove ione, obarva oranžno. Kjer pa borovih ionov ni, je barva lesa rumena.

4 REZULTATI

4.1. REZULTATI PRVEGA DELA MINI BLOK TESTA – TESTIRANJE ZAŠČITENIH VZORCEV

4.1.1. Vizualna ocena preraščanja vzorcev pri prvem mini blok testu

Na polovici poizkusa, po štirih tednih, smo vizualno ocenili rast gliv na vzorcih. Kot je razvidno iz preglednice 4, so glive bile aktivne, saj so dobro prerasle vzorce iz smrekovine in bukovine. Pri lesu kokosove palme in kavčukovca pa skoraj ni bilo opaznega preraščanja micelija (preglednica 4). Preliminarni podatki o kemijski sestavi teh lesov (Fengel in Wegener, 1989) so nam nakazovali, da v teh vzorcih ni prisotne nobene naravne snovi, ki bi jim dala takšno odpornost. Zato smo pri testnih vzorcih z metodo barvnih reagentov preverili prisotnost anorganskih zaščitnih sredstev, kot so baker, flouridi in bor.

Preglednica 4: Vizualna ocena preraščanja vzorcev lesa z glivami po četrtem tednu izpostavitve (prvi poizkus).

GLIVA \ VRSTA LESA	OCENA PRERAŠČANJA/ DREVESNA VRSTA			
	SMREKA	BUKEV	KOKOS	KAVČUKOVEC
<i>Coniophora puteana</i>	3	1	5	5
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	1,5	1,5	4,5	4,5
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1,5	1	3,5	4,5
<i>Stereum hirsutum</i>	1,5	1	5	4
<i>Laetiporus sulphureus</i>	1	1	5	4,5
<i>Ceriporiopsis subvermispora</i>	4	4	5	4,5
<i>Trametes versicolor</i>	1,5	1	5	5
<i>Antrodia vaillantii</i>	1,5	1	3,5	4
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	1,5	1	3	3
<i>Serpula lacrymans</i>	1	1	4	4,5

4.1.2. Določanje zaščitnih sredstev v lesu

Za določitev borovih ionov v lesu smo morali les najprej posušiti v sušilniku in ga nato ohladiti. Po barvni reakciji, ki dokazuje prisotnost borovih ionov v lesu se je les obarval oranžno. To je potrdilo našo domnevo, da je bil les predhodno zaščiten z zaščitnim pripravkom na osnovi bora. Bor je kemijski element, ki ga uporabljamo za zaščito pred glivami in insekti. Naši vzorci pa so bili verjetno zaščiteni zato, da se med transportom z ladjo ne bi okužili z glivami. Ker nas pri tej nalogi zanima naravna odpornost lesa kokosove palme (*Cocos nucifera*) in kavčukovca (*Hevea brasiliensis*) na lesne glive, nam je prisotnost bora v lesu onemogočila prave rezultate. Zato smo morali poizkus ponoviti z nezaščitenimi vzorci. To je bil tudi razlog, da smo od našega angleškega partnerja zahtevali vzorce brez zaščitnih sredstev.

Pri testiranju vzorcev na prisotnost bakrovih in flouridnih ionov ni bilo opaziti barvne reakcije, iz česar smo sklepali, da v vzorcih ni bilo prisotnih teh zaščitnih sredstev.

4.1.3 Vlažnost vzorcev po izpostavitvi

Kljub temu, da smo vedeli, da so vzorci zaščiteni z borom, smo poizkus nadaljevali. Kot smo že ugotovili pri vizualnem preraščanju smrekovine in bukovine z glivami, optimalna vlažnost vzorcev nakazuje prisotnost gliv. Pri kokosovi palmi je material najbolj navlažila *Ceriporiopsis subvermispora* (103 %), najmanj pa *Coniophora puteana* (69 %). Kavčukovec je najbolj navlažila gliva *Stereum hirsutum* (98 %), najmanj pa *Coniophora puteana* (82 %). Pri bukovini je bila največja vlažnost dosežena glivi *Gloeophyllum trabeum* (60 %), najmanjša pa pri *Antrodia vaillantii* (32 %) (preglednica 5). Pri smrekovini je vzorce najbolj navlažila gliva *Gloeophyllum trabeum* (110 %), najmanj pa *Ceriporiopsis subvermispora* (24 %).

Na splošno lahko ugotovimo, da so bili vzorci kokosove palme in kavčukovca bolj navlaženi kot vzorci bukve in smreke (preglednica 5). Pri smrekovini in bukovini so glive optimalno navlažile vzorce. Pri kokosu in kavčukovcu pa je bila vlažnost lesa za približno

30 % višja kot pri domačih drevesnih vrstah. Domnevamo, da je vlaga ob prisotnosti bora zaradi osmoze bolje prodrla v vzorce in jih skoraj enkrat bolj navlažila.

Preglednica 5: Povprečne vrednosti vlažnosti vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (prvi poizkus).

GLIVA	DREVESNA VRSTA/VLAŽNOST LESA			
	KOKOSOVA PALMA [%]	KAVČUKOVEC [%]	BUKEV [%]	SMREKA [%]
<i>Coniophora puteana</i>	69	82	47	51
<i>Ceriporiopsis subvermispota</i>	103	83	44	24
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	88	91	60	110
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	79	99	53	52
<i>Laetiporus sulphureus</i>	82	88	50	54
<i>Pleurotus ostreatus</i>	78	89	49	37
<i>Antrodia vaillantii</i>	84	86	32	41
<i>Serpula lacrymans</i>	77	87	33	51
<i>Stereum hirsutum</i>	94	98	57	36
<i>Trametes versicolor</i>	91	95	46	59

4.1.4 Izguba mase vzorcev

Kljub temu, da smo med izpostavitvijo že vedeli, da so vzorci zaščiteni s spojinami na osnovi bora smo poizkus nadaljevali. Iz visokih izgub mase bukovih in smrekovih vzorcev sklepamo, da so bile glive vitalne. Po pričakovanju smo opazili veliko razliko med belo in rjavo trohno. Glive povzročiteljice bele trohne so bukovino bolj razkrajale kot pa glive povzročiteljice rjave trohne. Najbolj sta vzorce razkrojili *Hypoxylon fragiforme* (34,8 %) in *Trametes versicolor* (27,2 %). Najmanj pa je vzorce razkrojila gliva, ki povzroča rjavo trohno, *Gloeophyllum trabeum* (4,1 %) (preglednica 6).

Smrekovino smo uporabili kot drugo kontrolno drevesno vrsto, s katero smo kontrolirali aktivnost gliv rjave trohne. Po pričakovanju so glive rjave trohne smrekovino bolj

razkrajale kot glive bele trohnobe, ki so jo pustile skoraj nedotaknjeno. Preseneča le gliva *Hypoxylon fragiforme* (27,1 %), ki je povzročila visoko izgubo mase tudi na smrekovini, kljub temu, da je povzročiteljica bele trohnobe. Najbolj pa je vzorce razkrojila *Serpula lacrymans*, pri kateri je bila izguba mase kar 43 %. Najmanj je vzorce razkrojila *Stereum hirsutum* (3,2 %) (preglednica 6).

Iz izgub mas vidimo, da niti glive bele trohnobe niti glive rjave trohnobe niso razkrajale palmovine kokosa. V vseh primerih je bila izguba mase nižja od 2 % (preglednica 6), zaradi prisotnosti borovega biocida v lesu. Iz izgub mase vzorcev kavčukovca je prav tako razvidno, da glive niso razkrajale vzorcev. Izgube mas so bile tudi v tem primeru nižje od 3 %. To pomeni, da je sredstvo na osnovi bora učinkovito zaščitil palmovino in kavčukovino pred trohnenjem (preglednica 6).

Preglednica 6: Povprečne izgube mase vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (prvi poizkus).

GLIVA	DREVESNA VRSTA/IZGUBA MASE [%]			
	KOKOSOVA PALMA	KAVČUKOVEC	BUKEV	SMREKA
<i>Coniophora puteana</i>	1,3	1,8	14,5	36,3
<i>Ceriporiopsis subvermispota</i>	1,9	1,6	7,3	5,4
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	1,4	2,3	4,1	31,1
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	1,7	2,6	34,8	27,1
<i>Laetiporus sulphureus</i>	1,6	1,6	17,7	21,0
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1,7	2,0	13,3	4,5
<i>Antrodia vaillantii</i>	1,2	1,0	14,0	18,9
<i>Serpula lacrymans</i>	1,5	1,6	6,4	43,3
<i>Stereum hirsutum</i>	1,8	2,4	21,2	3,2
<i>Trametes versicolor</i>	1,9	2,7	27,2	13,6

4.2. REZULTATI DRUGEGA DELA MINI BLOK TESTA – TESTIRANJE NEZAŠČITENIH VZORCEV

4.2.1. Vizualna ocena preraščanja micelija

Po osmih tednih smo ponovno vizualno ocenili rast gliv. Že na prvi pogled je bilo vidno, da se rezultati zelo razlikujejo od prvega poizkusa, kjer je rast micelija preprečeval bor (element v zaščiteni palmovini in lesu kavčukovca). Vse glive pri tem poizkusu so vzorce dobro prerastle. Vzorci palmovine in kavčukovine so bili vsi preraščeni, kar nam že na prvi pogled nakazuje, da les kokosove palme ni najbolj odporen na glive iz našega geografskega območja. Vzorci iz lesa kavčukovca so bili bolj preraščeni kot vzorci palmovine. Podgobje vseh testiranih vrst gliv jih je popolnoma prerastlo. Tudi pri lesu kavčukovca smo že na sredini poizkusa opazili, da les kavčukovca ni odporen na glive.

Preglednica 7: Vizualna ocena preraščanja vzorcev lesa z glivami po četrtem tednu izpostavitve (drugi poizkus).

GLIVA \ LES	KOKOSOVA PALMA	KAVČUKOVEC
<i>Trametes versicolor</i>	2	1
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	1,5	1
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	3	2,5
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2	1,5
<i>Serpula lacrymans</i>	1	1
<i>Coniophora puteana</i>	3	1
<i>Antrodia vaillantii</i>	3	1

4.2.2 Vlažnost vzorcev po izpostavitvi

Vlažnost v vzorcih palmovine in kavčukovca so si glive vzpostavile same. Zato sklepamo, da je bila ta za glive optimalna za razkroj lesa. Največja je bila pri glivi *Hypoxylon fragiforme* (167 %), najmanjša pa pri *Antrodia vaillantii* (103 %) (preglednica 8). Kavčukovec je najbolj navlažila gliva *Gloeophyllum trabeum* (120 %), najmanj pa *Serpula lacrymans* (75 %) (preglednica 8). Na splošno sta hišni gobi (siva in bela hišna goba) potrebovali za razkroj palmovine nizko vlažnost vzorcev.

Preglednica 8: Povprečne vlažnosti vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (drugi poizkus).

GLIVA	DREVESNA VRSTA/VLAŽNOST LESA	
	KOKOSOVA PALMA [%]	KAVČUKOVEC [%]
<i>Trametes versicolor</i>	115	120
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	111	167
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	120	123
<i>Pleurotus ostreatus</i>	84	154
<i>Serpula lacrymans</i>	76	145
<i>Coniophora puteana</i>	115	136
<i>Antrodia vaillantii</i>	57	103

4.2.3 Izguba mase vzorcev

Iz izgube mase, določene v drugem poizkusu vidimo, da so glive bele trohnobe bolj razkrajale palmovino. Največjo izgubo mase sta povzročili *Trametes versicolor* (15,0 %) in *Hypoxylon fragiforme* (9,5 %), najmanj sta kokosovino razkrojili *Serpula lacrymans* (1,7 %) in *Antrodia vaillantii* (1,7 %). Ugotovili smo, da je palmovina bolj odporna na glive rjave trohnobe, nekoliko manj pa na glive bele trohnobe (preglednica 9).

Tudi les kavčukovca so bolj razkrajale glive bele trohnobe. Najbolj sta ga razkrojili glivi *Hypoxylon fragiforme* (14,3 %) in *Trametes versicolor* (12,7 %). Najmanjši razkroj kavčukovine so povzročile hišne gobe *Serpula lacrymans* (3,1 %), bela in kletna goba ter navadna tramovka. Tudi pri lesu kavčukovca so glive bele trohnobe bolj razkrajale les kot pa glive povzročiteljice rjave trohnobe, kar je dobro razvidno iz preglednice 9.

Lesova kokosove palme (*Cocos nucifera*) in kavčukovca (*Hevea brasiliensis*) sta odporna proti glivam rjave trohnobe, manj pa na glive bele trohnobe. Izgube mase so bile nižje kot pri bukovini oz. pri smrekovini. Tako sta obe tropski vrsti izkazali večjo naravno odpornost na glive iz našega geografskega prostora.

Preglednica 9: Povprečne izgube mase vzorcev po osmih tednih izpostavitve lesnim glivam (drugi poizkus).

GLIVA	DREVESNA VRSTA/IZGUBA MASE [%]	
	KOKOSOVA PALMA [%]	KAVČUKOVEC [%]
<i>Trametes versicolor</i>	15,0	12,7
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	9,5	14,3
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	2,1	3,3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	5,6	6,1
<i>Serpula lacrymans</i>	1,7	3,1
<i>Coniophora puteana</i>	2,2	4,3
<i>Antrodia vaillantii</i>	1,7	5,1

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Lastnosti kavčukovca (*Hevea brasiliensis*) in kokosove palme (*Cocos nucifera*) so v Evropi slabo poznane. Naravno rastišče je v tropskem podnebnem pasu. Danes večina teh dreves raste na plantažah. Plodovi kokosove palme in drevesni sok kavčukovca sta ena najpomembnejših izvoznih artiklov tropskih držav. Po koncu gospodarskega izkoriščanja teh dveh dreves, pa bi radi njihov les izkoristili bolj kot le za kurjavo. Za komercialno uporabo izdelkov iz teh materialov ne poznamo podatkov o njuni odpornosti na lesne glive. Zato smo se odločili za testiranje njune naravne odpornosti proti lesnim glivam. Iz teh podatkov bi lahko določili namene in pogoje uporabe. Kokosovo palmo in kavčuk bi radi uporabljali na primer za vrtno pohištvo, opažne plošče, parket, pohištvo ... Zato nas je bolj kot bela trohnoba zanimala rjava trohnoba. Glive povzročiteljice rjave trohnobe se pojavljajo predvsem v stavbah, kjer so za to primerni pogoji (vlažnost lesa, temperatura, visoka zračna vlažnost) (Eaton in Hale, 1993; Humar in Pohleven, 2000).

Pri prvem poizkusu se je palmovina izkazala za popolnoma odporno na glive iz našega geografskega prostora. Vzrok je bil v tem, da je bila zelo verjetno preventivno zaščitena z borovim pripravkom (aktivna učinkovina deluje fungicidno in insekticidno).

Palmovina se je izkazala z dobro odpornostjo na glive povzročiteljice rjave trohnobe, saj je bila največja izguba mase po izpostavitvi le do 2,2 %. Iz vizualnih ocen preraščanja vzorcev smo razbrali, da je micelij prerasel vzorce. Tako so glive rjave trohnobe prerale les, razkrajale pa ga niso. Po drugi strani pa smo opazili, da so glive bele trohnobe palmovino bistveno bolj razkrojile (preglednica 9). Največjo izgubo mase smo določili pri glivi bele trohnobe *Trametes versicolor*, kjer je bila izguba mase kar 15 %. Ta izguba mase pa je še vedno skoraj še enkrat nižja od tiste, ki smo jo določili pri bukovih vzorcih. Ti so pri razkrajanju izgubili v povprečju kar 27 % svoje mase.

Takoj po prekinitvi poizkusa, smo vzorce očistili in jim določili njihovo vlažnost. Vzorci iz palmovine so imeli bistveno višjo vlažnost, ki smo jo določili pri naših drevesnih vrstah. Razlog za to je verjetno dejstvo, da je anatomska in kemijska sestava lesa domačih drevesnih vrst drugačna, kot pri palmovini. Palmovina se je izkazal za dobro odpornega na glive iz našega geografskega prostora. Lahko rečemo, da ga glive rjave trohnobe praktično ne razkrajajo, pa čeprav so ga prerasle. Ta material pa je bistveno manj odporen na glive povzročiteljice bele trohnobe. Les kokosove palme se uvršča po standardu za testiranje naravne odpornosti (SIST EN 350-1 in SIST EN 460) lesa med neodporne drevesne vrste (4. razred). Primeren je, da ga nezaščitenega uporabljamo v suhih prostorih, kjer ne prihaja v stik z vlago.

Kavčukovec se je pri prvem poizkusu, ko je bil zaščiten s sredstvom, ki je vsebovalo element bor, izkazal za popolnoma odpornega na glive povzročiteljice trohnobe. Tega rezultata pa ne moremo upoštevati, ker nas zanima njegova naravna odpornost, ne pa učinkovitost zaščitnega sredstva. Za drugi poizkus smo dobili nezaščiten vzorce, ki smo jih, enako kot vzorce palmovine, testirali v skladu z mini blok metodo. Okužili smo jih s sedmimi izolati gliv povzročiteljic trohnobe. Tudi v tem primeru smo opazili, da so ga glive bele trohnobe bolj razkrajale kot pa glive rjave trohnobe. Glive povzročiteljice bele trohnobe so povzročile povprečno izgubo mase okoli 10 %, kar je približno dvakrat manj kot pri bukovini ali pa enkrat več kot pri smrekovini. Pri izpostavitvi vzorcev glivam rjave trohnobe, pa je bila izguba mase okoli 4 %, kar je približno enkrat manj kot pri bukovini, oziroma pet do desetkrat manj kot pri smrekovini. Vlažnost vzorcev kavčukovca je bila po izpostavitvi okoli 100 %, odvisno od glive, ki ga je preraščala. Les kavčuka se je izkazal z relativno visoko naravno odpornostjo na lesne glive iz našega geografskega področja. Še posebej je odporen na glive rjave trohnobe. Ta les bi torej brez večjih težav lahko uporabili za stenske obloge, stavbno pohištvo, pohištvo in ostale izdelke, ki se uvrščajo v drugi ali tretji razred ogroženosti. Ker pa je bistveno manj odporen na glive bele trohnobe, lesa kavčukovca ne priporočamo za uporabo v stiku z zemljo. Iz rezultatov izgub mase, bi les kavčukovca uvrstili med zmerno odporne drevesne vrste in neodporne drevesne vrste, podobno kot so brest (jedrovina), oreh (jedrovina), duglazija (jedrovina), smreka, jelka, bukev (SIST EN 350-1 in SIST EN 460). Rezultati naše raziskave so pokazali, da bi bila

les kavčukovca in palmovine primerna za uporabo v suhih prostorih ter na področjih, kjer ne prihaja do direktnega stika z zemljo.

5.2 SKLEP

Palmovina in les kavčukovca sta se izkazala kot naravno odporna na glive povzročiteljice rjave trohnobe, manj pa sta odporna na glive bele trohnobe. Kljub temu je bila odpornost boljša kot pri bukovini, ki je predstavljala referenčno domačo drevesno vrsto.

Palmovina in les kavčukovca se po standardu za določitev naravne odpornosti (SIST EN 350-1 in SIST EN 460) uvrščata med neodporne drevesne vrste.

Zaradi naravne odpornosti na glive rjave trohnobe bi se palmovina in les kavčukovca lahko uvrstila v skupino zelo odpornih vrst. Vendar pa sta zaradi slabše odpornosti na glive bele trohnobe primerna le za uporabo v drugem in tretjem razredu ogroženosti.

6 POVZETEK

V tropih, kjer je naravno rastišče kokosove palme (*Cocos nucifera*) in kavčukovca (*Hevea brasiliensis*), izkoriščajo obe drevesi za drevesni sok ali pa za plodove, ostali material pa odvržejo. Vendar bi želeli tudi ta material ekonomsko izkoriščati za izdelke, zato jih zanima, kakšna je njuna naravna odpornost.

V diplomski nalogi smo proučevali naravno odpornost palmovine in lesa kavčukovca na trohnenje. V skladu z mini blok metodo, smo jih izpostavili različnim glivam razkrojevalkam lesa, ki povzročijo največ škode na lesu v našem geografskem prostoru. Za poizkus smo uporabili deset vrst gliv (pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*), škrlatnordeča slojevka (*Chondrostereum purpureum*), ostrigar (*Pleurotus sp.*), ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*), *Ceriporopsis subvermispora*, žvepleni luknjičar (*Laetiporus sulphureus*), navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*), siva hišna goba, solzivka (*Serpula lacrymans*) in kletna goba (*Coniophora puteana*)). Vzorce smo za osem tednov izpostavili tem glivam in nato smo ugotavljali, kakšna je njihova naravna odpornost na trohnenje.

Oba materiala sta se izkazalo z naravno odpornostjo na glive povzročiteljice rjave trohnobe. Manjšo odpornost pa je bilo opaziti proti glivam bele trohnobe, vendar je bila mnogo boljša kot pri bukovini, ki je predstavlja referenčno domačo drevesno vrsto.

Palmovina in les kavčukovca se po standardu za določitev naravne odpornosti (SIST EN 350-1 in SIST EN 460) uvrščata med neodporne drevesne vrste.

Zaradi naravne odpornosti na glive rjave trohnobe bi se palmovina in les kavčukovca lahko uvrstila v skupino zelo odpornih vrst. Vendar pa sta zaradi slabše odpornosti na glive bele trohnobe primerna le za uporabo v drugem in tretjem razredu ogroženosti.

7 VIRI IN LITERATURA

Ajibola K., Onabanjo B. O. 1994. Investigation of *Cocos nucifera* as a potential isolator for buildings. Obafemi Awolowo University, Architecture Department, Ile-Ife, Nigeria: 81-84

Anonimus. Kew Gardens. *Cocos nucifera* L.
www.dipbot.unict.it/palms, 3.3.2005

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

Chudnoff M. 1984. Tropical Timbers of the World. Washington, USDA Forest Service. Ag. Handbook No. 607.: 464 str.

Cockcroft R. 1997. Some Wood-Destroying Basidiomycetes. Volume 1 of a Collection of Monographs. The international Resarch Group on Wood Preservation. Papua New Guinea: 186 str.

Čufar K. 2001. Anatomija lesa. Interno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 112 str.

Duke J. A. 1983. Handbook of Energy Crops. Unpublished.
www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy. 3.3.2005

Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood decay, pests and protection. London, Chapman & Hall: 546 str.

Fengel D., Wegener G. 1989. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin, New York: Walter de Gruyter: 613 str.

Green III F., Larsen M. J., Winandy J. E., Highley T. L. 1991. Role of oxalic acids in incipient brown – rot decay. *Material und Organismen*, 3: 193-213

Humar M., Pohleven F. 2000. Značilnosti razkroja lesa z rjavo trohno. *Les*, 52, 7-8: 229-234

Pace G. 1977. Vse o gobah. Ljubljana, Mladinska knjiga: 355 str.

Raspor P., Smole Možina S., Podjavoršek J., Pohleven F., Gogala N., Nekrep F. V., Rogelj I., Hacin J. 1995. ZIM, Zbirka industrijskih mikroorganizmov, Katalog biokultur. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 98 str.

Reed C.F. 1976. Information summaries on 1000 economic plants. Typescripts submitted to the USDA.

SIST EN 350-1. Durability of wood and wood-based products/ Natural durability of solid wood-Part 1: Guide to the principles of testing and classification of the natural durability of wood, Trajnost lesa in lesnih izdelkov-Naravna trajnost masivnega lesa-1.del: Navodilo za osnovno preizkušanje in klasifikacijo naravne trajnosti lesa. 1995.

SIST EN 460. Durability of wood and wood-based products- Natural durability of solid wood/Guide to the durability requirements for wood to be used in hazard classes, Trajnost lesa in lesnih izdelkov-Naravna trajnost masivnega lesa-Zahteve po trajnosti lesa, ki se uporablja v posameznih razredih ogroženosti. 1995

Tavzes Č. 2003. Proučevanje encimskih in neencimskih procesov razgradnje lesa. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Interdisciplinarni podiplomski študij biotehnologije: 138 str.

Unger A., Schniewind A. P., Unger W. 2001. Conservation of wood Artifacts. Berlin, Springer: 578 str.

Vesel Tratnik N. 1994. Interakcija in encimska aktivnost gliv pri piravosti bukve.
Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Oddelek za lesarstvo: 161 str.

Vrščaj D., s sodelavci. 1982. Seznam gliv Slovenije. Ljubljana, Zveza gobarskih družin
Slovenije : 120 str.

Zapiski iz predavanj 2001. Predavanja; Patologija in zaščita lesa (predavatelj Pohleven F.),
v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

ZAHVALA

Zahvalil bi se mentorju prof. dr. Francu Pohlevnu za pomoč pri nastajanju in oblikovanju diplomskega dela, ter somentorju doc. dr. Mihatu Humarju za pomoč pri eksperimentalnem oziroma praktičnem delu diplomske naloge in za pomoč pri pridobivanju gradiva. Za testni material bi se zahvalil prof.dr. Samu Amarteyu iz Buckinghamshire University Collega.

Zahvalil bi se tudi recenzentu prof. dr. Marku Petriču.

Zahvaljujem se vsem ostalim, ki so na kakršenkoli način pomagali pri izdelavi moje diplomske naloge.