

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jernej KLINC

**SPREMLJANJE RAZKROJENOSTI BUKOVINE Z
NAPRAVO PILODYN 6J**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**MONITORING OF BEECH WOOD DEGRADATION
WITH PILODYN 6J DEVICE**

B. SC. THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomska naloga je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva 1. stopnje. Raziskave so bile opravljene na Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval prof. dr. Miho Humarja, za recenzenta pa prof. dr. Primoža Ovna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Jernej Klinc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du1
DK UDK 630*844.2
KG les/razkroj/glive bele trohnobe/okužba/bukovina/Pilodyn 6J
AV KLINC, Jernej
SA HUMAR, Miha (mentor)/OVEN, Primož (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2012
IN SPREMLJANJE RAZKROJENOSTI BUKOVINE Z NAPRAVO PILODYN 6J
TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP VIII, 30 str., 4 pregl., 21 sl., 19 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Les v uporabi je najbolj ogrožen zaradi delovanja gliv razkrojevalk, saj le-te povzročajo kemične in fizikalne spremembe v lesu in tako poslabšajo njegove mehanske lastnosti. Če les uporabljamo v gradbene namene želimo, da ta čim dlje obdrži svoje mehanske lastnosti. Pomembno je, da slabšanje mehanskih lastnosti odkrijemo že v prvi fazi razkroja, tako da lahko preprečimo nadaljnji razkroj. Z napravo Pilodyn 6J lahko izvajamo zgodnjo detekcijo razkroja. Za ugotavljanje stopnje razkrojenosti in globino prodora igle Pilodyn, smo pripravili orientirane vzorce (50 mm × 50 mm × 50 mm), jih sterilizirali in izpostavili čistim kulturam gliv bele trohnobe za 3 do 21 tednov. Vsakih 14 dni smo vzorce izolirali in določali globino prodora igle v 6 smereh. Potrdili smo povezavo med izgubo mase in globino prodora igle Pilodyn v les, podobno kot je bilo to že opisano pri smrekovini, ki je bila izpostavljena glivam rjave trohnobe.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du1
DC UDC 630*844.2
CX wood/decay/white-rot fungi/infestation/beech wood/Pilodyn 6J
AU KLINC, Jernej
AA HUMAR, Miha (supervisor)/OVEN, Primož (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2012
TI MONITORING OF BEECH WOOD DEGRADATION
WITH PILODYN 6J DEVICE
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
NO VIII, 30 p., 4 tab., 21 fig., 19 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Wood in use is threatened by the action of decay fungi, because these cause chemical and physical changes in wood. Thus it loses mechanical properties. If wood is used for construction purposes, we want to retain its mechanical properties as long as possible. From the security point of view, it is important that the degradation is detected as soon as possible in order to draw proper security measures. The Pilodyn 6J device can be used for early detection of decay. To determine the rate of disintegration and the depth of the Pilodyn needle penetration, we prepared oriented samples (50 mm × 50 mm × 50 mm), sterilized and exposed them to pure cultures of white-rot fungi for 3 to 21 weeks. Every 2 weeks samples were isolated and the depth of penetration of the needle in 6 directions was determined. The correlation between weight loss and the depth of penetration of the Pilodyn needle in wood was confirmed, as it was previously described for spruce exposed to brown-rot fungi.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Slovarček	VIII
1 UVOD	1
1.1 NAMENI IN CILJI	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	3
2.1.1 Morski škodljivci	4
2.1.2 Lesni insekti	4
2.1.3 Lesne glive	4
2.1.3.1 Glive modrivke	5
2.1.3.2 Rjava trohnoba	5
2.1.3.3 Bela trohnoba	5
2.1.3.3.1 Pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)	6
2.1.3.3.2 Ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	7
2.1.3.3.3 Bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	8
2.2 NAVADNA BUKEV (<i>FAGUS SYLVATICA</i> L.)	9
2.3 NAPRAVA PILODYN 6J	12
3 MATERIAL IN METODE	14
3.1 IZBIRA MATERIALA	14
3.2 PRIPRAVA HRANILNEGA GOJIŠČA IN INOKULACIJA MICELIJA	15
3.2.1 Izpostavitve vzorcev lesnim glivam	17
3.2.2 Testiranje razkrojenosti vzorcev z napravo Pilodyn ter izguba mase vzorcev po izpostavitvi glivam	18
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	20
4.1 IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM	20
4.2 POVEZAVA MED IZGUBO MASE IN PRODOROM IGLE PILODYN	21
4.2.1 Analiza kontrolnih bukovih vzorcev z napravo Pilodyn 6J	21
4.2.2 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev pisani ploskocevki	22
4.2.3 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev ogljeni kroglici	24
4.2.4 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev bukovemu ostrigarju	26
5 SKLEPI	28
6 VIRI IN LITERATURA	29
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Globina prodora igle Pilodyn v glivam neizpostavljene bukove vzorce.....	21
Preglednica 2: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi pisani ploskocevki v odvisnosti od časa izpostavitve.....	22
Preglednica 3: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi ogljeni kroglici v odvisnosti od časa izpostavitve.....	24
Preglednica 4: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi bukovemu ostrigarju v odvisnosti od časa izpostavitve.....	26

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Biotični in abiotični dejavniki razkroja (Kervina-Hamović, 1990).....	3
Slika 2: Rjava trohnoba (Belmojster, 2012).....	5
Slika 3: Bela trohnoba (Silvaprodukt, 2012).....	6
Slika 4: Trosnjak pisane ploskocevke (Foto-narava, 2006).....	7
Slika 5: Sferični trosnjaki ogljene kroglice (Flickr, 2006).....	7
Slika 6: Trosnjaki bukovega ostrigarja (Klarič, 2008).....	8
Slika 7: Areal gozdov navadne bukve (Brus, 2008).....	10
Slika 8: Les navadne bukve (Lesinc, 2012).....	10
Slika 9: Naprava Pilodyn s pokrovčkom in napenjalno palico	13
Slika 10: Sušilniki za les	14
Slika 11: Tehtanje vzorcev	15
Slika 12: Priprava glukoznega agarja.....	16
Slika 13: Kozarec z hranilnim gojiščem po sterilizaciji.....	16
Slika 14: Micelij izbranih gliv.....	17
Slika 15: Laminarij.....	17
Slika 16: Steriliziranje vzorcev v avtoklavu	18
Slika 17: Testiranje vzorcev z napravo Pilodyn.....	19
Slika 18: Izguba mase vzorcev glede na čas izpostavitve posamezni glivi	20
Slika 19: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.....	23
Slika 20: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.....	25
Slika 21: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.....	27

SLOVARČEK

Hf	Ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)
Plo 5	Bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)
Tv 6	Pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)
t. i.	Tako imenovano
ipd.	In podobno

1 UVOD

Les je starodavni material, ki spremlja človeka že od pradavnine pa vse do današnjih dni. Skozi stoletja je človek les vedno ponovno odkrival in prilagajal njegovo uporabo trenutnim razmeram. Iz njega so izdelovali predmete ali pa izkoriščali njegove toplotne potenciale. Kot lahko vidimo iz naše arheološke dediščine, so les že od nekdaj uporabljali tudi v gradbene namene.

Les je količinsko in tudi sicer že od nekdaj ena najpomembnejših surovin. Njegova poraba tudi danes nenehno narašča. Bistvene prednosti lesa kot materiala so njegova obnovljivost, razširjenost, vsestranska uporabnost, visoka trdnost glede na gostoto, relativna enostavnost in čistost pridobivanja, predelave in obdelave. Pri lesu cenimo med drugim njegovo toplino zaradi vzajemnega učinka toplih barv nizke toplotne prevodnosti. Privlačita nas njegova naravnost in dekorativnost, ki je posledica najrazličnejših barvnih in gradbenih tekstur (Čufar, 2006).

Les razkrajajo številni dejavniki žive (biotični) in nežive (abiotični) narave. Med biotičnimi dejavniki so najpomembnejši lesni škodljivci: insekti in glive. Vzroki razkroja lesa zaradi biotičnih dejavnikov so v zgradbi in kemični sestavi lesa pa tudi v biologiji lesnih škodljivcev (Kervina-Hamović, 1989).

Vloga razkrojevalcev je v naravi nepogrešljiva, saj opravljajo pomemben del kroženja raznih snovi. Če pa se ti razkrojevalci pojavijo v človeškem prostoru, so zelo nezaželeni. S problemom trohnenja lesa se zelo pogosto srečujemo v gradbeništvu. Ko je les uporabljen za nosilne, strešne in ostale elemente gradbenišтва, želimo, da ta obdrži svoje mehanske lastnosti skozi celotno življenjsko dobo objekta. Če les začne trohneti, oziroma če ga okužijo lesne gobe, ta dokaj hitro začne izgubljati mehanske lastnosti, kar pa lahko privede do nevarnosti uporabe lesa.

Pri novogradnji moramo biti tako zelo pozorni, kakšen les vgrajujemo in kako ga vgradimo, da preprečimo morebitne okužbe lesa in nato posledično trohnenje. Pomembno pa je tudi, da znamo že vgrajeni les zaščiti pred škodljivci. V primeru, da pride do razkroja, ga je potrebno čim prej zaznati. Ker so prve stopnje razkroja navadno s prostim očesom slabo vidne, strokovnjaki iščejo rešitve, ki jim bi na enostaven način omogočila vrednotenje razkrojenosti konstrukcije. Dobra ocena stanja je ključna za vse nadaljnje ukrepe.

1.1 NAMENI IN CILJI

- Spoznati delovanje in namene uporabe naprave Pilodyn 6J.
- Ugotoviti, katera gliva v določenem času bolj razkroji les in kako to vpliva na prodor igle Pilodyn 6J.
- Določiti vpliv razkrojenosti bukovine na rezultat meritev z napravo Pilodyn 6J.
- Določiti povezavo med izgubo mase bukovine zaradi delovanja gliv bele trohnobe in prodorom igle Pilodyn 6J.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

S časom okužbe lesa z glivami bele trohnobe, naj bi se povečevala izguba mase vzorcev. Ocenjujemo, da se bo s povečevanjem stopnje razkroja povečevala globina prodora igle Pilodyn 6J.

Med izgubo mase bukovine in prodorom igle Pilodyn v les obstaja tesna povezava.

2 PREGLED OBJAV

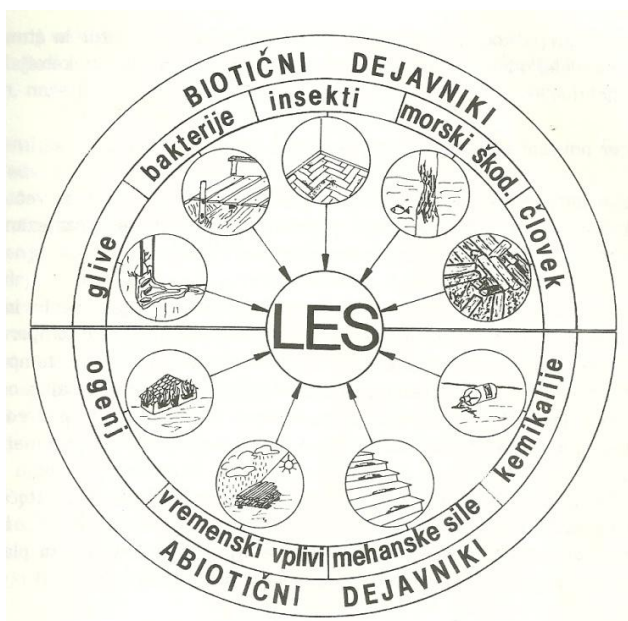
2.1 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les, ki je organska snov, razkrajajo številni dejavniki žive (biotične) in nežive (abiotični) narave. Vzroki razkroja lesa zaradi biotičnih dejavnikov so v zgradbi in kemični sestavi lesa pa tudi v biologiji lesnih škodljivcev. Vsi ti dejavniki imajo v naravi v glavnem pozitivno vlogo. Za človeka pa ta razkroj navadno poteka prehitro, zato ga poskuša omejiti ali celo preprečiti.

Les ogrožajo različni biotski dejavniki (Slika 1). Najpomembnejši med njimi so glive, insekti in bakterije. Navadno je delovanje gliv bistveno hitrejšo kot delovanje insektov. Glive še posebej pogosto razkrajajo les na prostem.

Delitev dejavnikov razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990)

- Abiotični so dejavniki nežive narave. Sem spadajo dež, sneg, veter, mraz, visoka temperatura, vlaga, voda, UV-žarki, kemikalije in plini. Ti dejavniki relativno počasi delujejo na mehanske ter fizikalne lastnosti lesa. Med največje uničevalce lesa spada ogenj, ki pri nas in v svetu še vedno uničuje ogromne količine lesa.
- Med biotične dejavnike (dejavniki žive narave) pa prištevamo bakterije, glive, insekte, morske škodljivce, ptice, sesalce in pa človeka; med najpomembnejše biotične škodljivce v našem podnebnem pasu uvrščamo glive. Razkroj lesa z lesnimi škodljivci je zapleten biološki proces in za učinkovito zaščito je nujno potrebno dobro poznavanje teh škodljivcev, biokemijskih procesov razkroja in sprememb, ki pri tem nastajajo.



Slika 1: Biotični in abiotični dejavniki razkroja (Kervina-Hamović, 1990).

2.1.1 Morski škodljivci

Ti organizmi napadajo les, ki je v morju. Morski škodljivci spadajo v rod mehkužcev (*Mollusca*) in rakov (*Crustacea*). Te živali napadajo vsako vrsto lesa in tako napadajo vse predmete iz lesa, ki so v morski vodi (leseni privezi, stopnice, pomoli, ladje ipd.). Med mehkužci je najbolj znana školjka živi sveder ali ladijska svedrovka, ki s svojim zobalom grize les pod vodo in po njem vrta hodnike. Iz rodu rakov, pa je najbolj znan škodljivec *Limnoria lignorum* rakec, ki les uporablja tako za hrano, kot za domovanje, kjer vrta hodnike v radialni smeri (Pečenko, 1987).

2.1.2 Lesni insekti

Lesni insekti so škodljivci, ki v lesu živijo ali se z njim hranijo ter tako vplivajo na mehanske lastnosti in vrednost lesa. Seveda pa ima njihovo delovanje tudi pozitiven pomen, saj njihova aktivnost pospešuje kroženje snovi v naravi.

Podobno kot pri lesnih glivah, moramo podrobno poznati njihove bioekološke značilnosti, če želimo preprečiti dovzetnost lesa na njihovo okužbo (Pečenko, 1987).

Ksilofagne insekte delimo po različnih merilih (Kervina-Hamović, 1989):

- po stanju lesa in vsebini vlage v lesu,
- po debelini materiala in globini prodiranja,
- po izvoru.

Glede na kakovost in vlažnost lesa, ki omogoča življenje in razvoj posameznim vrstam žuželk, delimo ksilofagne insekte na: primarne, sekundarne, terciarne in kvartarne.

2.1.3 Lesne glive

Les poleg živalskih škodljivcev razkrajajo tudi rastlinski škodljivci, med katerimi so najpomembnejše glive. Če hočemo, da bo les ostal »zdrav«, moramo najprej dobro poznati njegove škodljivce in vedeti, kateri so, kakšni so, kako se razvijajo, da bomo lažje ukrepali, ko ga bomo hoteli zavarovati pred njimi.

Glive se lahko preživljajo na račun živih organizmov, kot zajedavke (paraziti) ali pa se hranijo s snovmi mrtvih organizmov kot gniloživke (saprofiti). Večina gliv je sestavljena iz dveh jasno ločenih delov: iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela. Prehranjevalni ali vegetativni del sestavljajo zelo tanke niti ali hife, ki nenehno rastejo in prodirajo v podlago, jo razkrajajo in črpajo iz nje hranljive snovi.

Glive se razmnožujejo s trosi (sporami), ki se razvijejo v trosovnici. Ta je sestavni del trosnjaka (karpofor, plodišče). Na podgobju se razvije razmnoževalni del steljke, tako imenovan trosnjak, ki ga pri večini višjih gliv imenujemo »goba«, pri glivah, ki razkrajajo les, nekateri uporabljajo izraz trosnjak. Poseben način širjenja gliv je s t. i. rizomorfi, ki so splet večjega števila hif v debelejši, tudi nekaj mm debele niti. Z njihovo pomočjo se glive lahko širijo tudi na večje razdalje. Za razvoj gliv so zelo pomembni nekateri fizikalni in kemični dejavniki, kot so: hrana, vlaga, temperatura, zrak, svetloba, pH itd. Vsi ti dejavniki

morajo biti čim bolj optimalni, da se glive normalno razvijajo in preživijo. Če eden izmed njih manjka, začno glive hirati in kmalu tudi odmro (Kervina-Hamović, 1987).

2.1.3.1 Glive modrivke

Glive modrivke so zelo razširjene po vsem svetu in tudi pri nas. Povzročajo barvne spremembe na iglavcih in listavcih. Največkrat se naselijo v beljavi. Najdemo jih na boru, smreki, včasih na jelki, macesnu in duglaziji, pa tudi na topolu, javorju, brezi, platani, včasih tudi na hrastu in bukvi, redkeje na brestu in jesenu. Modrenje se navadno pojavi na posekanem lesu. Modrivke okužijo živo drevo le, kadar je fiziološko že oslabeledo. V tem primeru mora biti skorja lesa nekje poškodovana, ker se modrivke razvijajo le, če troši padejo neposredno na beljavo. Trose teh gliv lahko v živo drevo занesejo tudi razni insekti, ki napadajo svež les. Hife gliv modrivk se po lesu širijo prek prečnega parenhima, in sicer preko pikenj. Ker se glive modrivke hranijo predvsem z vsebino živih celic – protoplazmo, večinoma ne vplivajo bistveno na zmanjšanje lastnosti lesa. Pomodrel les onemogoča vsestransko uporabo (Kervina-Hamović, 1987).

2.1.3.2 Rjava trohnoba

Glive, ki povzročajo rjavo trohnobo, označujemo na prave razkrojevalke lesa in spadajo v pododdelek Basidiomycota. Pogosteje okužijo les iglavcev kot listavcev, kjer razgrajujejo celulozo in hemicelulozo, medtem ko ostane lignin skoraj nerazkrojen. Med razkrojem se spremeni tudi njegova struktura. Les zaradi prebitka oksidirane lignina postane rdečkasto rjave do temno rjave barve (Slika 2). Najpogostejše vrste, ki povzročajo rjavo trohnobo so: bele hišne gobe (*Antrodia sp.*), kletna goba (*Coniophora puteana*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), luskasta nazobčanka (*Lentinus lepideus*) in tramovki (*Gloeophyllum trabeum* in *Gloeophyllum sepiarium*) (Eaton in Hale, 1993).



Slika 2: Rjava trohnoba (Belmojster, 2012).

2.1.3.3 Bela trohnoba

O beli trohnobi govorimo takrat, ko se gliva prehranjuje predvsem z ligninom in zato les močno posvetli in postane skoraj bel. Trdnost lesa zaradi razgradnje lignina močno upade. Struktura razkrojenega lesa se poruši že pri manjših obremenitvah, tako da takšnega lesa ne

smemo uporabljati v konstrukcijske namene. Lomi lesa so izrazito gladki, s kratkimi vlakni.

Les, ki je izpostavljen razgradnji z belo trohnobo, izgublja tudi gostoto, kar je posledica razgradnje lesne substance (Slika 3). Povečuje se tudi delež vrzeli v lesu, kar povečuje možnost navzema vode. Na koncu les razpade na velike snope vlaken, zato belo trohnobo z drugimi besedami imenujemo tudi vlaknasta ali korozivna trohnoba (Pečenko, 1987).



Slika 3: Bela trohnoba (Silvaprodukt, 2012).

2.1.3.3.1 Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Gliva sodi med najbolj razširjene vrste na svetu. Najdemo jo na jamskem lesu, štorih, ograjah, pragovih, drogovih... Pogosteje se pojavlja predvsem na lesu listavcev (bukev, hrast, kostanj, robinija), le redko pa na iglavcih (bor, smreka). Stojeca drevesa okuži le, če so pred tem že odmrli. Pisana ploskocevka povzroča belo trohnobo in razkrajja pretežno notranjost lesa. Gliva pri razkroju intenzivneje razgrajuje lignin, deloma tudi celulozo in hemicelulozo.

Trosnjaki so različnih barv in oblik. Najpogosteje so konzolaste oblike (Slika 4). So enoletni, kožasti in tanki. Lahko so beli, rjavi, rdečkasti, črni. Z zgornje strani so drobno dlakavi in izrazito v pasovih. Trosišče je belo ali rumenkasto in ima zelo majhne pore. Trosi so cilindrični in brezbarvni. Na začetku okužbe se na lesu pojavijo bele lise, kasneje pa postane les povsem bel in izgubi precej svoje mase. Optimalna temperatura za razvoj je 30 °C, maksimalna pa do 38 °C. Gliva je zelo odporna proti dolgotrajni suši in visokim temperaturam.

Zaradi žilave zgradbe goba ni užitna, primerna pa je za kuhanje čaja. Pripisujejo ji številne zdravilne učinke od izboljšanja imunskega sistema do delovanja proti prehladu. Najbolj znan je njen učinek proti raku (Pohleven, 2008).



Slika 4: Trosnjak pisane ploskocevke (Foto-narava, 2006).

2.1.3.3.2 Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)

Ogljena kroglica je zelo pogosta razkrojevalka lesa listavcev v Evropi in Severni Ameriki. Spada med tipične saprofitske glive in okuži odmrle veje kmalu po tem, ko se odlomijo, oz. ko odmrejo. Plodišča najpogosteje vidimo na lubju vej bukve, včasih pa tudi na vejah jelše, breze, gabra in hrasta. Ogljena kroglica je ena redkih vrst gliv, ki dobro razkraja les in spada med zaprtotrosnice. Uvrščamo jo med glive bele trohnobe in je tudi ena izmed povzročiteljic piravosti (Slika 5).

Ta vrsta ima kopaste, sestavljene trosnjake, ki so brez beta. Plodišča ogljene kroglice zrastejo med junijem in novembrom. So hemisferične, pogosto celo sferične oblike. Pojavljajo se posamično ali pa v večjih in manjših skupinah. Pogosto je celotna površina veje pokrita s trosnjaki. Mladi so sive barve, kasneje za kratek čas postanejo roza-rdeče, zrela plodišča pa so temno rjave barve. Zanimivo je, da je tudi ta gliva, podobno kot številne druge, uporabna v zdravilne namene (Humar, 2009).



Slika 5: Sferični trosnjaki ogljene kroglice (Flickr, 2006).

2.1.3.3.3 Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)

Bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*) poznamo tudi pod imeni pozni školjkar, zimski ostrigar, nekateri pa mu preprosto pravijo le ostrigar. Bukov ostrigar je razširjen v zmernem in subtropskem podnebnem pasu severne poloble. Gliva je tipičen saprofit, ki ga najdemo predvsem na lesu listavcev (najpogosteje na bukovini) zelo redko pa tudi na iglavcih.

P. ostreatus povzroča tipično belo trohnobo. Na okuženem lesu najdemo bel, usnjat micelij. Plodišča so sestavljena iz klobuka z betom. Klobuk po obliki spominja na školjko in doseže premer od 5 cm do 15 cm. So od sivorjave do rumenkastorjave barve. Navadno izraščajo v šopih. Beti so nameščeni stransko, poševno in so različnih dolžin. Lamele trosišča na spodnji strani so belkasto rjave in so prirasle k betu (slika 6). Včasih vonj trosišč spominja na rahel vonj po janežu. Spore so bele, cilindrične oblike, velike od $8\ \mu\text{m}$ do $12\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$ do $4,5\ \mu\text{m}$. Hife v notranjosti lesa so brezbarvne, tanko-stene, premera 1-3 μm . Bukovemu ostrigarju ustreza temperatura okoli $27\ ^\circ\text{C}$ ter vlažnost lesa med 60 % in 80 %. Pri teh pogojih lahko gliva priraste tudi 7,5 mm dnevno. Gliva ne prenese sušnih obdobj. S temperaturo pa je povezana tudi tvorba plodišč. Rast gob izzove temperaturni šok, ko temperatura pade vsaj pod $15\ ^\circ\text{C}$. Zaradi te lastnosti, nekateri to glivo poimenujejo tudi zimski ostrigar.

Plodišča bukovega ostrigarja so zelo okusna, zato ga zelo pogosto gojijo v prehrabene namene. Gliva bukov ostrigar pa ima še mnogo širšo uporabnost. Micelij bukovega ostrigarja lahko uporabimo tudi za razstrupljanje zemlje, okužene z odpadnimi olji, pesticidi ali biocidi (mikoremediacija). V zadnjem času še posebej pridobiva pomen uporabe te glive v medicinske namene. Priznani strokovnjak Paul Stamets poroča, da uživanje bukovega ostrigarja deluje protivnetno, uravnava krvni tlak, znižuje raven sladkorja in holesterola v krvi, pospešuje celjenje ran ter izboljšuje delovanje imunskega sistema (Humar, 2008).



Slika 6: Trosnjaki bukovega ostrigarja (Klarič, 2008).

2.2 NAVADNA BUKEV (*Fagus sylvatica* L.)

Opis navadne bukve je povzet po Brusu iz leta 2008. Navadna bukev spada v rod bukev, *Fagus*. Do 40 m visoko in do 1 m debelo listopadno drevo ima veliko zaobljeno krošnjo in razvejen, srednje globok in zelo gost srčast koreninski sistem, v katerem so korenine pogosto zraščene med seboj. Deblo bukve je ravno in včasih razvito do vrha krošnje, skorja pa je tudi pri starejših drevesih tanka, siva in gladka, le izjemoma v spodnjem delu nekoliko razpokana (Brus, 2008).

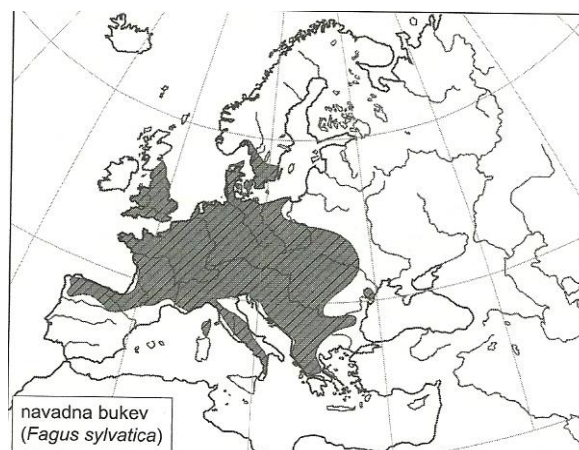
Veje so razmeroma tanke in največkrat usmerjene navzgor. Poganjki so rjavkasti, goli in bleščeči, razlikujemo pa med dolgimi in kratkimi. Brsti so rjavi in podolgovato zašiljeni. Listi so na pokončnih poganjkih razporejeni premenjalno, na stranskih pa bolj ali manj dvoredno. So enostavni, eliptični ali podolgovato jajčasti, v dolžino merijo 6 cm do 10 cm.

Mladi listi bukve so dlakavi, starejši pa obdržijo te dlačice samo po listnem robu, ki je valovit. Cvetovi so enospolni, moške mačice so okroglaste in visijo na 2 cm do 5 cm dolgem peclju in v vsaki je gosto nameščenih okrog 20 cvetov, ti pa so zvonaste oblike. Ženski cvetovi so v parih v ovoju na koncu nekoliko debelejših pecljev, vsak pestič ima jajčasto plodnico in po 3 rumene ali rdečkaste brazde. Iz vsake plodnice se razvije trirob rjav orešek oziroma žir, po dva žira skupaj pa ležita v oleseneli, trdi zaprti skledici ali bukveci, ki je gosto poraščena z ozkimi in mehкими bodicami. Žir in bukvec skupaj predstavljata plod.

Je enodomna in vetrocvetna vrsta, cveti maja, hkrati z olistenjem ali takoj po njem. Prvi obrod se pojavi med 50. in 70. letom, polni obrod je nereden in nastopi vsakih 5 do 6 let. Bukve sprva raste počasi, zlasti v senci ali v višjih legah, do 20. leta normalno zraste do 3 m. Ko si izbere več svetlobe, raste razmeroma hitro in svojo največjo višino doseže okrog 100. leta, doživi pa 200 do 300 let.

Navadna bukev najraje raste na svežih in globokih, rahlih in odcedenih s kalcijem bogatih humoznih tleh. Po lastnostih je subatlantska vrsta, rada ima vlago in izravnano temperaturo, sušno in pozimi zelo hladno kontinentalno podnebje pa ji ne ustreza. Potrebuje precej talne in zračne vlage in je v tem pogledu primerljiva s smreko in jelko, le da prenese tudi bolj suh in topel zrak. Kjer je manj kot 600 mm letnih padavin, ne uspeva (Brus, 2008).

Naravno je razširjena v večini srednje in zahodne Evrope, na severu jo najdemo še južni Angliji in na južnem koncu Skandinavije (Slika 7). Raste tudi po južnoevropskih gorovjih, na primer v Pirenejih, Apeninih in Dinarskem gorovju. Na vzhodu raste vse do Ukrajine, na jugovzhodu pa še na Balkanskem polotoku, kjer jo postopoma zamenja vzhodna bukev. V Alpah raste do 1700 m n. v., v Apeninih pa do 1950 m n. v. (Brus, 2008).



Slika 7: Areal gozdov navadne bukve (Brus, 2008).

Les bukve je rdečkasto bel, normalno brez obarvane jedrovine (Slika 8). Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu navadno pojavlja nepravilno oblikovan, rdečerjav diskoloriran les imenovan »rdeče srce«. Zelo značilni so številni široki trakovi, ki so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni pa kot očitna do več milimetrov visoka zrcalca, ki zelo vplivajo na videz lesa. Plamenast in progast videz nista tako izrazita kot pri iglavcih. Bukovina nima specifičnega vonja ali okusa (Čufar, 2006).

Les bukve ima visoko gostoto, je trd in se zelo krči in nabreka. Les je zelo žilav, malo elastičen in zelo trden. Nezaščiten bukovina je podvržena okužbi z glivami in insekti in sodi med neodporne lesne vrste, zato je potrebna hitra in pravilna manipulacija po poseku. Uporaba lesa je zelo raznovrstna kot npr. za gradbeno mizarstvo, stopnice, opaže, parket, pohištvo, pri čemer se uporablja masiven, krivljen ali vezan les. V preteklosti so bukovino uporabljali predvsem za kurjavo (drva, oglje). Uporaba v ta namen danes zopet narašča (Čufar, 2006).



Slika 8: Les navadne bukve (Lesinc, 2012).

Fizikalne lastnosti bukovine (Čufar, 2006):

- gostota:
 r_0 490...680...880 kg/m³
- e-modul
16.000 N/mm² 14.000 N/mm²
- Tlačna trdnost
53 N/mm² 60 N/mm²
- Natezna trdnost
135 N/mm² 135 N/mm²
- Upogibna trdnost
105 N/mm² 120 N/mm²
- Strižna trdnost
8 N/mm² 10 N/mm²
- krčenje β
vzdolžno 0,3 %
tangencialno 11,8 %
radialno 5,8 %
volumsko 14...17,9...21%
- diferencialno nabrekanje q
 $q_{\text{rad}} = 0,20 \text{ \%/\%}$
 $q_{\text{tang}} = 0,41 \text{ \%/\%}$
- vrednost pH 5,1...5,4

2.3 NAPRAVA PILODYN 6J

Naprava Pilodyn je v osnovi instrument za določanje gostote lesa. To napravo pa smo uporabili za vrednotenje razkrojenosti lesa.

Gostota lesa je odvisna od vlažnosti, anatomske zgradbe lesa, kemijske zgradbe lesa, ekstraktivov, debeline celične stene ter od razmerja ranega in kasnega lesa.

Merjenje gostote v lesu je omejeno s številnimi dejavniki. Prvič, meritev v stoječih drevesih je draga v smislu delovne sile in denarja, saj gre za pridobivanje in obdelavo izvrtkov. Kot drugo, meritve vsebujejo časovno obdobje med odvzemom vzorca in analizo, kar oteži aplikacijo rezultatov na istih osebkih. Pri nekaterih metodah je drevo treba tudi podreti. Če želimo gostoto določiti z izvrtki, lahko to naredimo tudi na živih drevesih, vendar s tem povečamo možnost okužbe drevesa s škodljivci.

Napravo Pilodyn so prvotno razvili v Švici za določanje razkrojenosti lesenih telefonskih drogov z glivami mehke trohnobe. Naprava Pilodyn s precizno silo zabije topo jekleno konico v les. Na napravi se izpiše globina, do katere je prodrla igla in ta globina je obratno sorazmerna z gostoto lesa. Z napravo ne moremo določiti dejanske gostote lesa, ampak dobimo samo oceno relativne gostote. Pomembno je, da v teku raziskave uporabljamo samo eno napravo Pilodyn, saj lahko naprave med seboj variirajo in tako ne bi dobili primerljivih rezultatov (Slika 9).

Na napravo lahko namestimo konice različnih premerov, naprava pa je dostopna v več različnih modelih: 6J, 12J in 18J. Številka pomeni, koliko energije se sprosti pri udarcu igle.

Glavna prednost naprave Pilodyn je, da omogoča meritve na vseh drevesih raziskave, kar pa je nemogoče, če gostoto lesa določamo z izvrtki ali pa z diski. Da zagotovimo zanesljive podatke, moramo opraviti vsaj dve meritvi na material. Tretjo meritev opravimo, če je razlika med prvima dvema meritvama več kot 3 mm. Če se ena izmed treh meritev bistveno razlikuje od drugih dveh, je ne upoštevamo.

Če določamo gostoto lesa z izvrtki ali z diski, dobimo podatek o gostoti lesa po celotnem profilu. Konica na prave Pilodyn pa prodre le do 40 mm v les, tako dobimo rezultate, ki so povezani z gostoto zunanjih prirastnih plasti. Pri metodi izvrtkov dobimo rezultate od lubja pa proti sredini debla. Najbolj zanesljiva metoda določanja gostote lesa pa je z diski, saj vzorči vse prirastne plasti v razmerju z njihovim volumnom, po celotnem preseku debla.

Na globino prodora konice v les, naj bi vplivali njegova vlažnost in temperatura. Če je vlažnost nad točko nasičenja celičnih sten, se rezultati ne razlikujejo. Pod točko zmrzišča, med 0 in -10 °C pa penetracija konice naprave Pilodyn strmo pada.



Slika 9: Naprava Pilodyn s pokrovčkom in napenjalno palico (foto: Jernej Klinc).

V letu 2011 je že bila opravljena podobna raziskava (Jagodic, 2011), kjer so vzorce navadne smreke izpostavili glivam rjave trohnobe: navadni tramovki, beli hišni gobi in sivi hišni gobi. Ugotovili so, da vzorce najbolj razkroji navadna tramovka, saj so vzorci smrekovine po 9 tednih izgubili kar 18,6 % prvotne mase, najmanj pa vzorce razkroji siva hišna goba, kjer so po 9 tednih določili le 4,5 % izgube mase. Pri vzorcih okuženih z navadno tramovko je globina prodora igle znašala 40 mm. Pri tem se je izkazalo, da med prodorom igle Pilodyna in izgubo mase zaradi delovanja gliv rjave trohnobe, obstaja statistično značilna povezava. Ta povezava je izrazita v vseh anatomskih ravninah (Jagodic, 2011).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBIRA MATERIALA

V raziskavi smo uporabili bukov les. Pri izbiri lesa smo pazili, da ni bilo prisotnega juvenilnega ali tenzijskega lesa, na koncu pa smo izbrali adulten les z nekaj prisotnosti rdečega srca. Adulten les naj bi bil v praksi na splošno najbolj primeren za uporabo.

Izžagali smo orientirane vzorce dimenzij $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$. Za vsako vrsto glive smo v raziskavi uporabili 45 vzorcev, kar je skupaj nanese 135 vzorcev. Pripravili smo še 10 kontrolnih vzorcev, ki jih nismo izpostavili glivam. Vzorce smo najprej oštevilčili od 1 – 150 s kemičnim svinčnikom. Nato smo jih zložili v sušilnik za 24 ur, kjer so se sušili na temperaturi 103°C (Slika 10). Po sušenju smo vzorce najprej ohladili na sobno temperaturo v eksikatorju, nato pa smo jim določili maso na 0,0001 g natančno (Slika 11).



Slika 10: Sušilniki za les (foto: Jernej Klinc).



Slika 11: Tehtanje vzorcev (foto: Jernej Klinc).

Po končanem sušenju in tehtanju smo kontrolne vzorce takoj testirali z napravo Pilodyn 6J. Iglo smo streljali v vsako ksilotomsko stranico vzorca in tako dobili rezultate o globini prodora igle v nerazkrojene bukove vzorce. Ti rezultati so nam služili za osnovo pri nadaljnjih testiranjih.

3.2 PRIPRAVA HRANILNEGA GOJIŠČA IN INOKULACIJA MICELIJA

Priprava hranilnega gojišča

Hranilna gojišča smo pripravili v steklenih kozarcih. Pred uporabo smo kozarce in pokrovčke skrbno pomili in razkužili z etanolom. Na sredini pokrovčka je bila izvrtana luknja, ki smo jo morali zatisniti z vato. Taka oblika pokrovčkov služi za dihanje glive, vata pa preprečuje možnosti nezaželenih okužb hranilnega gojišča.

Za hranilno gojišče, na katerem bodo uspevale glive, smo uporabili krompirjev glukozni agar (PDA – potato dextrose agar – DIFCO Laboratories). Gojišče je treba pripraviti po natančnih navodilih proizvajalca, drugače micelij glive ne raste optimalno. Najprej smo krompirjev glukozni agar raztopili v približno 2 dL destilirane vode. Zraven smo segrevali še približno 8 dL destilirane vode. Ko je ta zavrela, smo zraven primešali še mešanico krompirjevega agarja in vse skupaj mešali, dokler ni ponovno zavrelo (Slika 12).



Slika 12: Priprava glukoznega agarja (foto: Jernej Klinc).

Sterilizacija in inokulacija

Pripravljeno mešanico smo nalili v pripravljene kozarce, v vsakega 50 mL, jih zaprli in vstavili v avtoklav za 45 min. Kozarci so se v avtoklavu sterilizirali na temperaturi 120 °C in pri tlaku 1,5 bar. Sterilizirali smo tudi mrežice, ki smo jih pripravili zato, da bi kasneje služile kot opora vzorcem na hranilnem gojišču. Po končanem postopku smo kozarce in mrežice preložili v laminarij, (brezprašno komoro), da se je hranilni medij shladil in strdil (Slika 13).

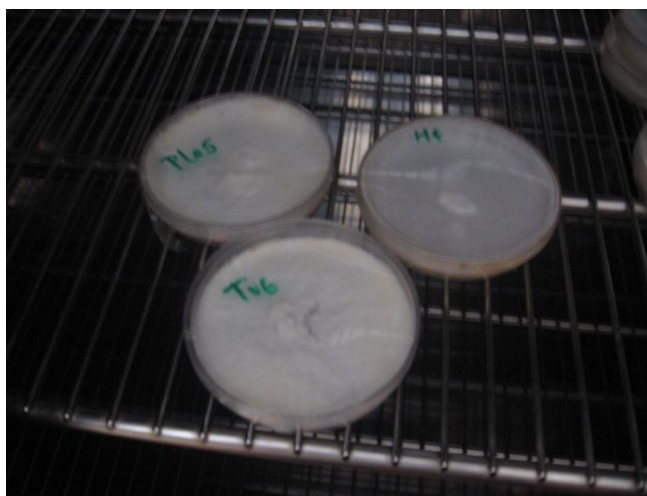


Slika 13: Kozarec z hranilnim gojiščem po sterilizaciji (foto: Jernej Klinc).

Testne glive

Glive, ki smo jih uporabili za raziskavo, so bile shranjene v banki gliv Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, Delovne skupine za zaščito in patologijo lesa. Za potrebe raziskave smo uporabili naslednje glive (Slika 14):

- *Trametes versicolor* (Tv 6),
- *Pleurotus ostreatus* (Plo 5),
- *Hypoxylon fragiforme* (Hf),



Slika 14: Micelij izbranih gliv (foto: Jernej Klinc).

Inokulacija micelija izbranih vrst gliv

Postopek inokulacije mora potekati v strogih sterilnih pogojih, da se preprečijo okužbe gliv. Zato smo ta postopek izvajali v laminariju (brezprašna komora) (Slika 15). Ves pribor je bilo treba spriti razkuževati z alkoholom in plamenom. V kozarce, na hranilno gojišče, smo vstavili inokolum (košček micelija) posamezne izbrane glive in kozarec nazaj pokrili s pokrovčkom. Po končanem postopku smo vse kozarce zložili v rastno komoro, v kateri je bila konstantna temperatura 25 °C ter visoka relativna zračna vlažnost 85 %. Pri takih pogojih naj bi večina gliv imela možnost za idealno rast.



Slika 15: Laminarij (foto: Jernej Klinc).

3.2.1 Izpostavitve vzorcev lesnim glivam

Pripravljene vzorce smo pred izpostavitvijo glivnim kulturam sterilizirali v avtoklavu (45 min, 120 °C, 1,5 bar) (Slika 16). Vzorce smo izpostavili miceliju lesnih gliv en teden po inokulaciji. Kozarce z okuženim micelijem smo pred tem odstranili. V vsakem kozarcu je

bil po en vzorec, ki je bil orientiran tako, da je bila prečna stran postavljena na hranilno gojišče. Po končanem postopku smo vse kozarce zložili nazaj v rastno komoro. Nekateri vzorci so bili izpostavljeni glivam od 3 pa do 21 tednov.



Slika 16: Steriliziranje vzorcev v avtoklavu (foto: Jernej Klinc).

3.2.2 Testiranje razkrojenosti vzorcev z napravo Pilodyn ter izguba mase vzorcev po izpostavitvi glivam

Vsaki 14 dni smo izolirali del vzorcev in sicer 3., 5., 7., 9., 11., 13., 15., 17. in 21. teden. Vsakič smo izbrali 5 naključnih vzorcev, izpostavljeni posamezni glivi. Vzorce smo najprej sušili 24 ur pri 103 °C. Vzorce smo nato stehali in z napravo Pilodyn 6J preverili razkrojenost vzorcev. Iz dobljenih vrednosti smo nato izračunali izgubo mase posameznega vzorca po izpostavitvi glivam (1).

$$R = \frac{m_0 - m_s}{m_0} \times 100 [\%]$$

... (1)

R ... odstotek izgube mase (%)

m_0 ... masa absolutno suhega vzorca pred izpostavitvijo (g)

m_s ... masa vzorca v absolutno suhem stanju po razkroju (g)

Naprava deluje tako, da napeta vzmet, ki je v napravi, izstreli iglo v naš vzorec, mi pa nato na napravi odčitamo globino prodora v les. Napravo moramo namestiti tako, da se igla zabije v ravnino pravokotno. Stopnja razkrojenosti pogojuje globino prodora igle v les. Vzorce so bili po sušenju malo razpokani, tako da smo izbirali mesta, kjer razpok ni bilo. Vzorce smo testirali z vseh stranic kocke, tako da smo dobili 6 rezultatov globine prodora igle v enem vzorcu (Slika 17).

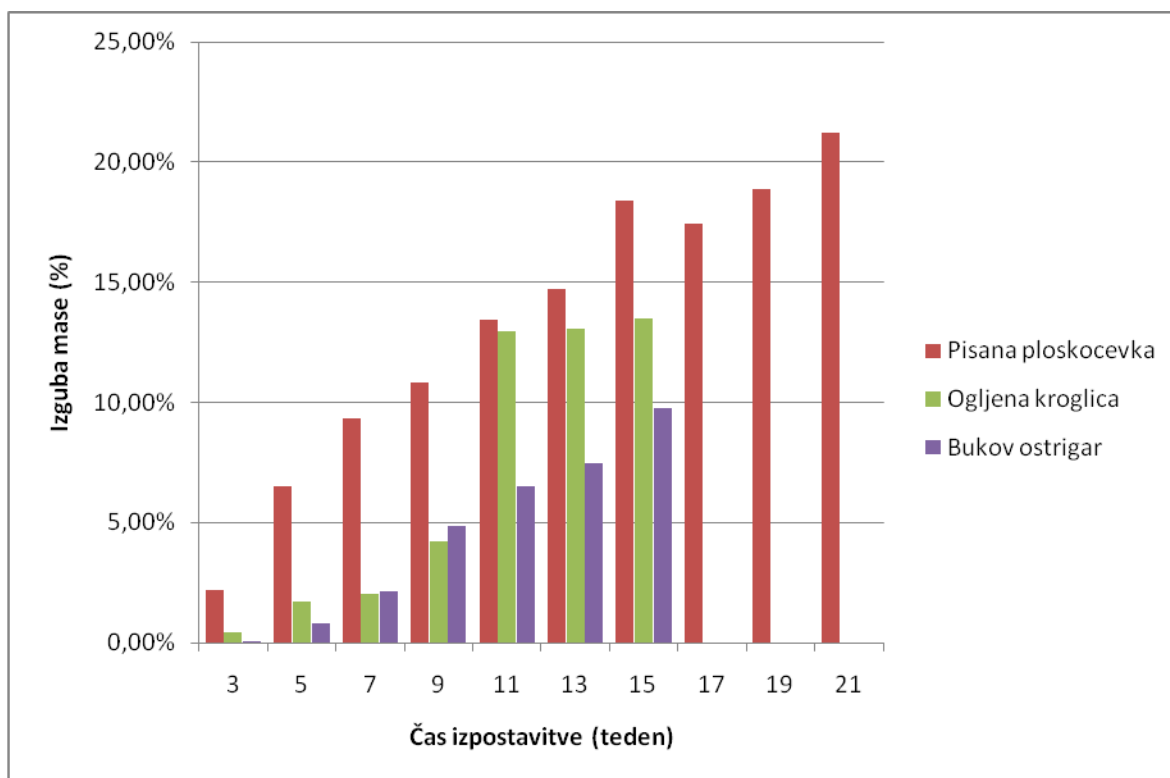


Slika 17: Testiranje vzorcev z napravo Pilodyn (foto: Jernej Klinc).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM

Vzorci so bili izpostavljeni glivam za različno dolga časovna obdobja. Nekateri vzorci so bili glivam izpostavljeni 21 tednov (pisana poloskocevka), drugi pa le 15 tednov (ogljena kroglica in bukov ostrigar). Do tega je prišlo, ker se nam je na začetku veliko kultur gliv okužilo, tako da smo morali ponovno pripraviti hranilno gojišče ter izvesti postopek inokulacije gliv, zato zaradi časovnih omejitev nismo uspeli vseh vzorcev izpostaviti skozi tako dolgo časovno obdobje.



Slika 18: Izguba mase vzorcev glede na čas izpostavitve posamezni glivi.

Kot lahko razberemo iz slike 18, izguba mase lepo narašča s časom, ne glede na uporabljeno glivo. Iz slike 18 je lepo razvidno, da smo največjo izgubo mase zaznali pri pisani ploskocevk, najmanjšo izgubo mase pa so dosegli vzorci, izpostavljeni bukovemu ostrigarju. Pisana ploskocevka je tako po 3 tednih izpostavitve dosegla kar 3-kratno višjo izgubo mase kot preostali 2 glivi. Ob koncu testiranja je pisana ploskocevka za kar 20 odstotnih točk presegla izgube mase povzročenih s strani gliv ogljena kroglica in bukov ostrigar. Izguba mase vzorcev okuženih z ogljeno kroglico je do 9. tedna lepo naraščala, nato pa sunkovito poskočila in se ustalila pri 13,75 %. Pri pisani ploskocevk in pri bukovem ostrigarju pa izguba mase vzorcev lepo narašča skozi celotno obdobje izpostavitve in verjetno bi še naraščala, če bi vzorce pustili izpostavljene še dlje. Malo nas je presenetilo, da so med posameznimi glivami tako velike razlike v izgubi mase na začetka izpostavitve vzorcev glivam.

Kakorkoli, izgube mase so relativno majhne v primerjavi z literaturnimi podatki. Vzorci standardnih dimenzij ($1,5 \times 2,5 \times 5,0$ cm) v 16 tednih izpostave navadno izgubijo med 25 % in 40 % mase (Fabčič, 2008). Zaradi bistveno večje mase in volumna vzorcev so bile izgube v našem eksperimentu bistveno manjše.

4.2 POVEZAVA MED IZGUBO MASE IN PRODOROM IGLE PILODYN

Gniloživke v lesu povzročajo številne kemične in fizikalne spremembe, zaradi česar les izgublja svoje naravne lastnosti. Te spremembe se najprej kažejo v počasnem razkroju lesa, ki ga imenujemo trohnoba (Kervina-Hamović, 1987).

Glive se na deblu oziroma lesu prehranjujejo z njegovimi sestavinami, to pa je za glive glavni vir preživetja. Glive bele trohnobe se v lesu usmerijo predvsem v razgradnjo lignina, ki je poleg celuloze in hemiceluloz ena osnovnih stenskih sestavin.

Ko je les izpostavljen glivam, ta izgublja maso, posledično se mu slabšajo tudi mehanske lastnosti, ker gliva napada osnovne gradbene elemente lesa. Dlje kot je les izpostavljen glivam, slabše so njegove trdnostne lastnosti. Ta pojav pa z zabijanjem igle v les izkorišča naprava Pilodyn 6J. Bolj kot je gliva rakrojila les, toliko slabše so njegove trdnostne lastnosti, zato bo igla naprave Pilodyn 6J prodrla globlje v sam les (Jagodic, 2011).

4.2.1 Analiza kontrolnih bukovih vzorcev z napravo Pilodyn 6J

Preglednica 1: Globina prodora igle Pilodyn v glivam neizpostavljene bukovne vzorce.

čas izpostavitve	GLOBINA PRODORA NAPRAVE PILODYN (mm)			izguba mase
	prečni pr. zgoraj	prečni pr. spodaj	rad. + tan.	
0 tednov	10	12	10	0%
0 tednov	11	12	9	0%
0 tednov	12	11	9	0%
0 tednov	11	10	10	0%
0 tednov	10	11	8	0%
0 tednov	12	12	8	0%
0 tednov	12	12	9	0%
0 tednov	10	11	9	0%
0 tednov	11	12	8	0%
0 tednov	11	10	10	0%
Povprečje	11	11,3	9	0%

V preglednici 1 vidimo rezultate testiranja kontrolnih vzorcev z napravo Pilodyn. Teh vzorcev nismo izpostavljali glivam. Vzorce smo sušili 24 ur pri temperaturi 103 °C, nato pa smo jih testirali z napravo Pilodyn 6J in določili globino prodora igle. Kontrolne vzorce

smo testirali zato, da smo dobili rezultate, kako globoko prodre igla naprave Pilodyn 6J v neokužen bukov les.

V povprečju je igla prodrla 11,3 mm v prečni smeri, pri radialni in tangencialni površini pa smo dosegli povprečno 9 mm globine prodora igle naprave Pilodyn 6J.

Če te rezultate primerjamo z neokuženimi vzorci navadne smreke, vidimo da je bukev zaradi večje gostote in homogenejše anatomske zgradbe veliko trša in tako bolj odporna na prodor igle naprave Pilodyn 6J, saj so pri smreki v aksialni smeri dosegli povprečni prodor igle 21 mm, v radialni in tangencialni smeri pa 18,5 mm.

4.2.2 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev pisani ploskocevki

Preglednica 2: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi pisani ploskocevki v odvisnosti od časa izpostavitve.

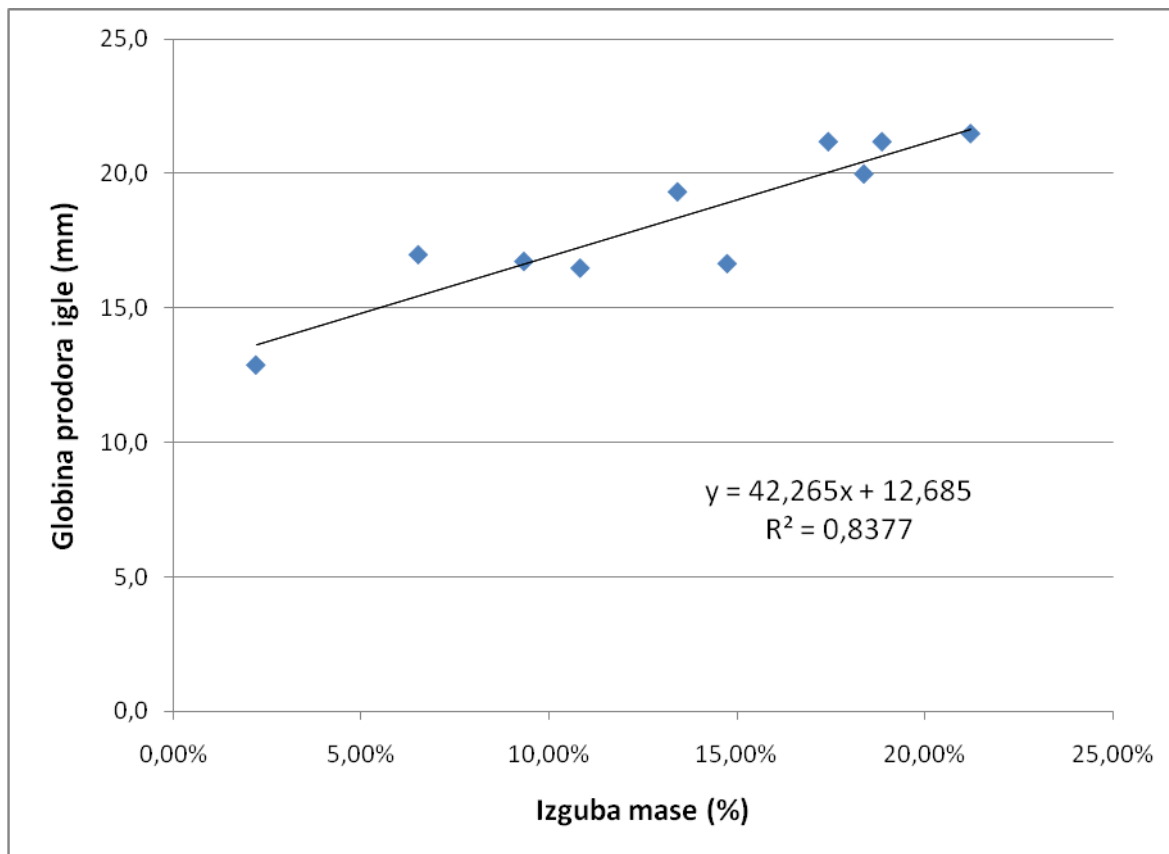
teden izp.	POVPREČNA GLOBINA PRODORA NAPRAVE PILODYN (mm)			razlike mas [g]	izguba mase
	prečni pr. zgoraj	prečni pr. spodaj	rad. + tan.		
3	11,7	12,9	9,9	1,654	2,21%
5	12,6	17,0	10,2	4,912	6,53%
7	15,2	16,8	10,9	7,078	9,34%
9	14,2	16,5	9,9	8,184	10,83%
11	14,2	19,3	11,4	10,090	13,42%
13	13,6	16,7	10,5	11,369	14,74%
15	14,4	20,0	12,4	13,973	18,38%
17	15,0	21,2	11,6	13,110	17,43%
19	14,0	21,2	12,0	14,207	18,86%
21	14,0	21,5	14,0	15,937	21,21%

V preglednici 2 so zbrane povprečne meritve na vzorcih, ki so bili izpostavljeni glivi pisani ploskocevki (*Trametes versicolor*). V različnih obdobjih smo v dvotedenskih razmakih testirali po 5 naključno izbranih vzorcev. Za vsak teden izpostavitve je podano povprečje 5 vzorcev. Bukovi vzorci so bili glivam izpostavljeni najdlje časa, 21 tednov, kar se odraža tudi v najvišjih izgubah mase.

Kot je razvidno iz preglednice 2, so vzorci bukovine po 21 tednih izpostavitve izgubili 21,21 % svoje mase. V literaturi navajajo, da naj bi bukov les v laboratorijskih razmerah po 4 mesecih izpostavitve izgubil več kot 35% mase (Kervina-Hamović, 1987). Razlog za manjše izpostavitve je dejstvo, da so bili vzorci uporabljeni v tej raziskavi bistveno večji od vzorcev, ki jih predpisuje standardna metoda SIST EN 113, 2006.

Iz preglednice 2 je razvidno, da se s časom izpostavitve, večja globina prodora igle naprave Pilodyn 6J. Razvidno je, da se ob tem povečuje tudi izguba mase. Povprečni maksimalni prodor igle po 21. tednih je 21,5 mm, ki smo ga dosegli na spodnji prečni strani. Vzorec je bil s to ravnino položen na glivo, tako da lahko sklepamo, da je gliva tam delovala že od

samega začetka in najbolj intenzivno, tako da smo lahko tukaj pričakovali največje vrednosti. Na ostalih ravlinah, kjer gliva ni tako intenzivno delovala, so kljub temu končni rezultati zelo podobni.



Slika 19: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.

Na sliki 19 lahko vidimo povprečne podatke globine prodora igle v bukove vzorce v odvisnosti od izgube mase. Te podatke smo dobili pri vzorcih, ki so bili okuženi s pisano ploskocevko. Prikazani podatki veljajo za spodnjo prečno smer vzorcev.

Na sliki lahko opazimo povezavo med izgubo mase in globino prodora igle. Z naraščanjem izgube mase, narašča tudi globina prodora igle naprave Pilodyn 6J. Iz slike 19 je lepo razvidno, da se trendnica dobro sklada s podatki ($R^2 = 0,8377$).

4.2.3 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev ogljeni kroglici

Preglednica 3: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi ogljeni kroglici v odvisnosti od časa izpostavitve.

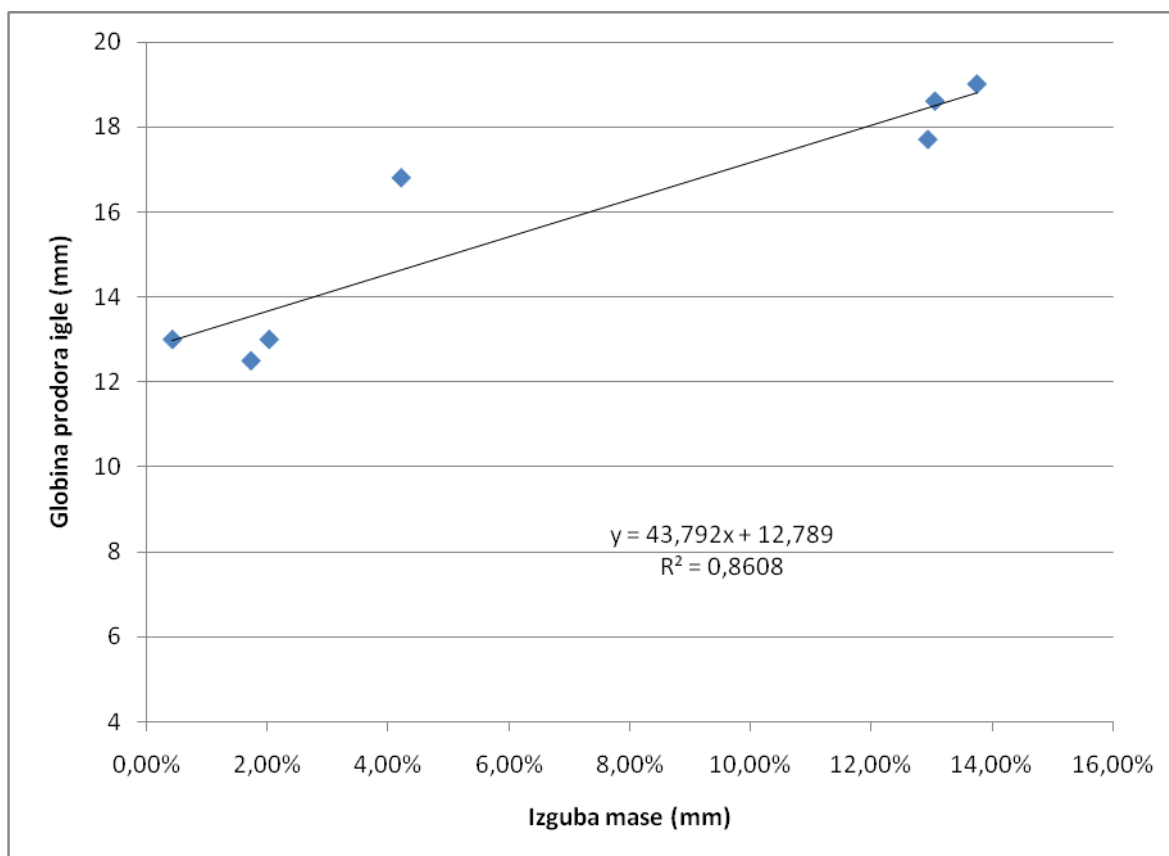
teden izp.	POVPREČNA GLOBINA PRODORA NAPRAVE PILODYN (mm)			razlike mas [g]	izguba mase
	prečni pr. zgoraj	prečni pr. spodaj	rad. + tan.		
3	12,4	13,0	9,5	0,308	0,42%
5	12,3	12,5	10,0	1,252	1,72%
7	12,0	13,0	9,8	1,501	2,02%
9	14,3	16,8	10,6	3,070	4,21%
11	14,5	17,7	12,6	9,297	12,94%
13	14,0	18,6	11,5	9,358	13,06%
15	15,0	19,0	11,8	10,036	13,75%

V preglednici 3 smo predstavili podatke o globini prodora igle na vzorcih bukovine, okuženih z ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*). Vsak tedenski rezultat predstavlja povprečje 5 vzorcev bukovine, ki smo jih testirali v periodi 2 tednov.

Vzorci izpostavljeni ogljeni kroglici so v 15 tednih izgubili manj mase (13,75 %) kot pa vzorci, okuženi s pisano ploskocevko (18,38 %). Ogljena kroglica naj bi v laboratorijskih pogojih v dobi 16 tednov razkrojila 40 % bukovine (Humar, 2009). Razlogi za razlike so opisani že v prejšnjem poglavju.

Iz preglednice 3 je lepo vidna povezava med izgubo mase in naraščajočim prodor igle v bukovne vzorce okužene z ogljeno kroglico. Maksimalna globina je dosegla 19 mm in to na pričakovani prečni spodnji ravnini.

Če primerjamo rezultate globine prodora igle med pisano ploskocevko in ogljeno kroglico pri isti izgubi mase, vidimo da so si rezultati med sabo zelo podobni.



Slika 20: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.

Na sliki 20 so prikazani podatki o globini prodora igle naprave Pilodyn 6J v bukove vzorce v odvisnosti od izgube mase, ki jo je povzročila ogljena kroglica. Rezultati so bili pridobljeni s testiranjem vzorcev v spodnji prečni smeri.

Na sliki 20 je lepo vidna povezava med izgubo mase ter globino prodora. Globina prodora igle naprave Pilodyn 6J se lepo počasi večja skupaj z izgubo mase. Korelacijski koeficient rezultatov je dokaj visok ($R^2 = 0,8608$). Globina prodora igle doseže 19 mm, kar je manj kot pri glivah, okuženih s pisano ploskocevko (21,5 mm).

4.2.4 Pregled rezultatov izpostavitve bukovih vzorcev bukovemu ostrigarju

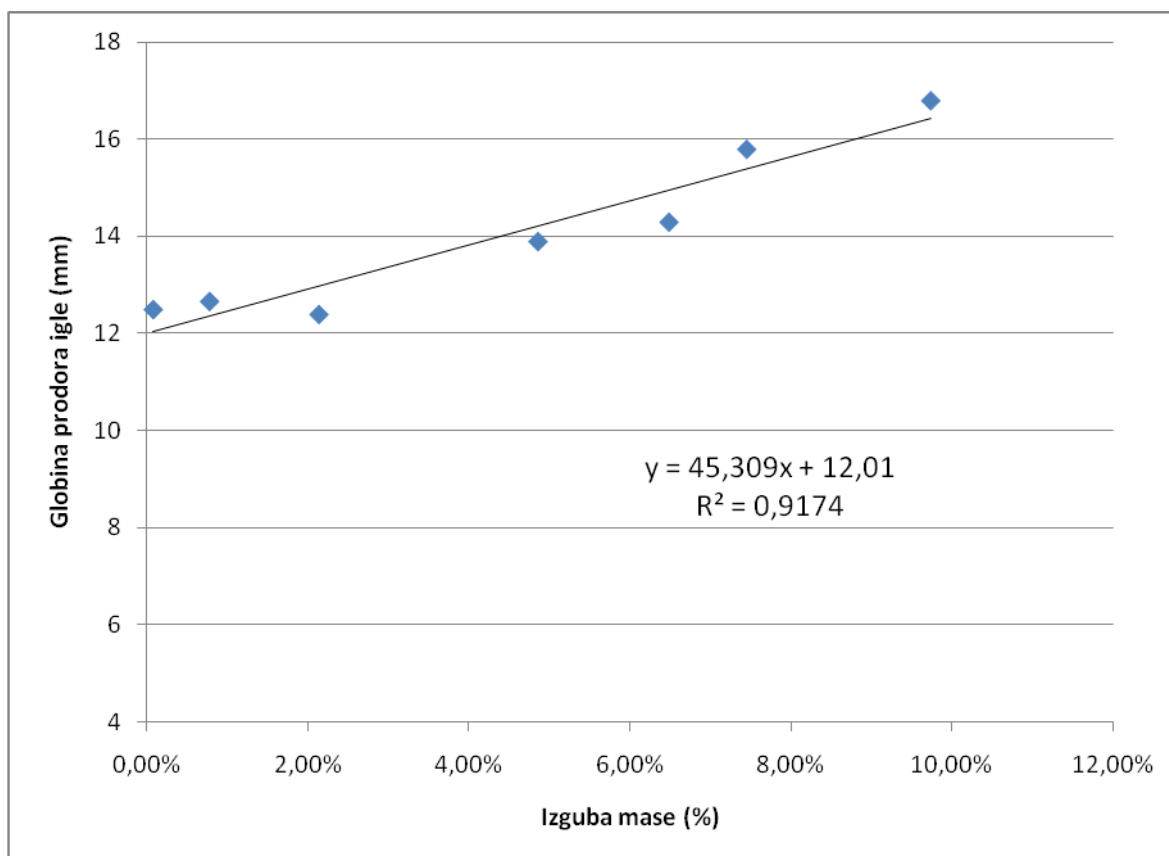
Preglednica 4: Povprečne izgube mase in globina prodora igle Pilodyn po izpostavitvi bukovemu ostrigarju v odvisnosti od časa izpostavitve.

teden izp.	POVPREČNA GLOBINA PRODORA NAPRAVE PILODYN (mm)			razlike mas [g]	izguba mase
	prečni pr. zgoraj	prečni pr. spodaj	rad. + tan.		
3	10,8	12,5	9,3	0,053	0,08%
5	13,8	12,7	9,1	0,583	0,78%
7	12,0	12,4	9,4	1,622	2,14%
9	12,5	13,9	9,8	3,700	4,86%
11	12,8	14,3	10,2	4,901	6,49%
13	14,8	15,8	10,2	5,643	7,46%
15	13,5	16,8	10,6	7,352	9,75%

V preglednici 4 so prikazane meritve globine prodora igle na vzorcih bukovine okužene z bukovim ostrigarjem. Podatki so prikazani v povezanosti z izgubo mase vzorcev glede na čas izpostavitve. Vsak tedenski rezultat predstavlja povprečje 5 vzorcev bukovine, ki smo jih testirali v periodi 2 tednov.

Vzorci, izpostavljeni bukovemu ostrigarju, so izgubili najmanj mase (9,75 %) od vseh gliv, ki so bile uporabljene v tej raziskavi (pisana ploskocevka, ogljena kroglica).

Iz preglednice se da videti povezavo med izgubo mase in globino prodora igle naprave Pilodyn 6J. Povprečna maksimalna globina prodora igle je bila 16,8 mm na spodnji prečni ravnini, kar je najmanj med glivami, uporabljenimi za to raziskavo. Sklepamo lahko, da manjša izguba mase vzorcev, pomeni tudi manjšo končno globino prodora igle naprave Pilodyn 6J. Rezultati, dobljeni s testiranjem na ostalih ravninah, so bolj primerljivi z ostalimi glivami.



Slika 21: Povezava med globino prodora igle v bukove vzorce v prečni smeri v odvisnosti od izgube mase.

Na sliki 21 vidimo podatke o globini prodora igle Pilodyn 6J v spodnji, prečni smeri v bukove vzorce, okužene z bukovim ostrigarjem. Podatki so prikazani v odvisnosti od izgube mase bukovih vzorcev.

Kot že na prejšnjih prikazih (Slika 19 in 20), se tudi tukaj vidi lepa povezava med globino prodora igle in izgubo mase. Korelacijski koeficient je največji med vsemi uporabljenimi glivami ($R^2 = 0,9174$), kar nakazuje na tesno povezavo. To pomeni, da je odvisnost med parametroma zelo konstantna in ne prihaja do veliko odstopanj. Povprečna maksimalna globina prodora igle je bila 16,8 mm, kar je najmanj med uporabljenimi glivami. Ta maksimalni rezultat smo dosegli po 15 tednih izpostavitve.

5 SKLEPI

Med to raziskavo smo na podlagi skrbno načrtovanega raziskovalnega dela prišli do naslednjih sklepov.

Rezultati jasno kažejo, da s časom izpostavitve lesa glivam narašča izguba mase. Največjo izgubo mase smo določili pri vzorcih, izpostavljenih pisani ploskocevki (21,2 %), po 21 tednih izpostavitve, sledijo vzorci, izpostavljeni ogljeni kroglici (13,8 %), po 15 tednih in bukovina, izpostavljena bukovemu ostrigarju (9,75 %), po 15 tednih delovanja glive.

Globina prodora igle naprave Pilodyn v bukovino je bistveno manjša od globine prodora v smrekove vzorce.

Dokazali smo, da s z naraščajočo izgubo mase, narašča tudi globina prodora igle Pilodyn. Največji prodor je bil na spodnji prečni strani vzorca, saj je bil ta del najbolj izpostavljen glivi, pri ostalih stranicah pa so bili rezultati podobni.

Igla je najgloblje prodrla pri pisani ploskocevki (21,5 mm), kar je pričakovano, saj so ti vzorci izgubili največ mase.

6 VIRI IN LITERATURA

1. Belmojster, Rjava trohnoba, 2012.
<http://www.belmojster.net/?id=1648> (10. avg. 2012)
2. Benko R., Kervina – Hamović L., Gruden M. 1987. Patologija lesa. Lesna fitopatologija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 122 str.
3. Brus R. 2004. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
4. Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
5. Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood-decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.
6. Fabčič B. 2008. Vpliv širine branik hrastovine na naravno odpornost proti glivam razkrojevalkam. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 77 str.
7. Flickr, *Hypoxylon fragiforme*, 2009.
<http://www.flickr.com/photos/galeriedejean/3833095861/lightbox/> (8. avg. 2012)
8. Foto-narava, Pisana ploskocevka, 2006.
<http://galerija.foto-narava.com/displayimage.php?pos=-11137> (5. avg. 2012)
9. Humar M. 2008. Bukov ostrigar: užitna goba, ki jo lahko gojimo tudi doma. Les, 60, 9: 353-353
10. Humar M. 2009. Ogljena kroglica ali jagodasti skorjeder. Les, 61, 9-10: 393-410
11. Jagodic V. 2011. Določanje razkrojenosti lesa z napravo Pilodyn. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 51 str.
12. Kervina-Hamović L. 1989. Patologija lesa. Lesna entomologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 173 str.
13. Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 126 str.
14. Klarič G. Gobarsko društvo lisička Maribor. Slike - *Pleurotus ostreatus*, 2008.
<http://www.gobe.si/Slike/PleurotusOstreatus?slika=3> (15. avg. 2012)

15. Lesinc, Bukev, 2012.
<http://lesinc.si/novice/bukev-fagus-sylvatica-angl-european-ali-common-beech> (20. avg. 2012)
16. Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.
17. Pohleven F. 2008. Pisana ploskocevka: najbolj pogosta lesna goba. Les, 60, 3: 115-115
18. Silvanolin, Bela trohnoba, 2012.
http://www.silvaprodukt.si/default.asp?page_id=01KKJAT 2012
ZdR03ZWO2UPZ6936387/201(10. avg. 2012)
19. SIST EN 113. Preskusna metoda za ugotavljanje preventivne učinkovitosti zaščitnih sredstev proti glivam odprtostnicam – Ugotavljanje toksičnih vrednosti. 2006: 36 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Mihi Humarju za pomoč in koristne nasvete in pri nastajanju diplomskega projekta. Prof. dr. Primožu Ovnu se zahvaljujem za korektno opravljeno recenzijo diplomskega projekta.

Zahvala gre tudi tehniški sodelavki inž. kem. Andreji Žagar za pomoč in nasvete pri raziskovalnem delu diplomskega projekta.

Zahvaljujem se tudi svojim domačim, ki me podpiraja vsa ta leta šolanja.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jernej KLINC

**SPREMLJANJE RAZKROJENOSTI BUKOVINE Z
NAPRAVO PILODYN 6J**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012