

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sebastjan KREK

**VPLIV IMPREGNACIJE S SIVO GLINO NA FUNGICIDNE
LASTNOSTI LESA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE EFFECT OF IMPREGNATION WITH GREY CLAY ON THE
FUNGICIDAL PROPERTIES OF WOOD**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za patologijo in zaščito lesa, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, kjer so bile opravljene laboratorijske analize.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Sebastjan Krek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*84
KG naravna zaščita lesa/koncentracija suspenzije sive gline/lesne glive
AV KREK, Sebastjan
SA POHLEVEN, Franc (mentor)/ HUMAR, Miha (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2016
IN VPLIV IMPREGNACIJE S SIVO GLINO NA FUNGICIDNE LASTNOSTI LESA
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX, 44 str., 10 pregl., 27 sl., 20 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Smreka (*Picea abies*) in bukev (*Fagus sylvatica*) predstavljata večino lesne mase v Slovenskih gozdovih in sta najpomembnejši drevesni vrsti pri nas. Žal spadata med manj odporne lesne vrste. Ob nepravilni konstrukciji ter vgradnji se problem trajnosti izdelka še poveča. Problem se rešuje s kemično zaščito lesa, ta je problematična zaradi negativnega vpliva na človeka in okolje. Danes je zaželeno, da les zaščitimo s pravilno konstrukcijo in vgradnjo izdelka. Samo zaščito lesa pa skušamo zagotoviti z naravnimi zaščitnimi sredstvi kot sta čebelji vosek in razna naravna olja. V diplomski nalogi smo preučili delovanje sive gline kot impregnacijskega sredstva za zaščito proti lesnim glivam. Gline Poljanski sadjarji uporabljajo pri obrezovanju sadnega drevja. Vzorce smo v vakuumski komori impregnirali s tremi različnimi suspenzijami sive gline in destilirane vode. Impregnirane in kontrolne vzorce smo izpostavili lesnim glivam. Vzorce smreke smo izpostavili navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*), vzorce bukve pisani ploskocevkci (*Trametes versicolor*) in pahljačici (*Schizophyllum commune*) ter vzorce hrasta hrastovi labirintnici (*Daedalea quercina*), v skladu s standardom EN 113:2004. Po 16 tednih razkroja smo s primerjavo izgube mase med impregniranimi in kontrolnimi vzorci ugotovili, da suspenzija sive gline ne zavira razkroja lesa, ki je bil izpostavljen miceliju različnih lesnih gliv, saj je bila izguba mase v vseh primerih zelo podobna ali večja od kontrolnih. Tudi statistična analiza ni pokazala večjih razlik. Ugotovili smo, da različne suspenzije sive gline ne vplivajo na fungicidne lastnosti lesa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*84
CX natural wood preservation/concentration of grey clay suspension/wood fungi
AU KREK, Sebastjan
AA POHLEVEN, Franc (supervisor)/ HUMAR, Miha (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TI THE EFFECT OF IMPREGNATION WITH GREY CLAY ON THE FUNGICIDAL PROPERTIES OF WOOD
DT Graduation Thesis (High professional studies)
NO IX, 44 p., 10 tab., 27 fig., 20 ref.
LA SI
AL sl/en
AB Spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) are the two most important tree species in Slovenian forests, together representing the majority of wood biomass used in Slovenia. However, they are also considered as less durable wood species, and their durability can be further affected in case of inadequate construction and installation. To avoid this, wood is chemically treated, but this is problematic because of its adverse effect on human and the environment. Nowadays, it is preferred to preserve wood by ensuring proper construction and installation of timber products, while the wood itself is treated with natural wood preservatives, such as beeswax and different natural oils. This graduation thesis examined the fungicidal properties of grey clay, the material used by local fruit growers in pruning fruit trees. The samples were treated with three different solutions of clay and distilled water and then placed in a vacuum chamber. Both, the treated samples and the control samples were exposed to wood fungi. The spruce samples were exposed to *Gloeophyllum trabeum*, the beech samples were exposed to *Trametes versicolor* and *Schizophyllum commune*, and the oak samples were exposed to *Daedalea quercina*, according to the standard EN 113:2004. After 16 weeks of decay, the comparison of weight loss in both, the treated samples and the control samples showed that the grey clay solution did not slow down the degradation of wood exposed to mycelia of different wood fungi, since in all treated samples the weight loss was very similar to or even greater than in the control samples. There was no significant deviation in any of the samples. Consequently, it was determined that different solutions of grey clay do not affect the fungicidal properties of wood.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine	V, VI
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VIII
Okrajšave in simboli	IX

1	UVOD	1
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJ NALOGE	2
1.3	DELOVNA HIPOTEZA	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	GOZD	3
2.2	LES IN RAZKROJ LESA	4
2.3	ABIOTIČNI DEJAVNIKI	4
2.4	BIOTIČNI DEJAVNIKI	5
2.5	OPIS GLIV	6
2.5.1	Hrastova labirintnica – <i>Daedalea quercina</i>	6
2.5.2	Pahljačica – <i>Schizophyllum commune</i>	7
2.5.3	Pisana ploskocevka – <i>Trametes versicolor</i>	8
2.5.4	Navadna tramovka – <i>Gloeophyllum trabeum</i>	9
2.6	LES	10
2.6.1	Navadna smreka – <i>Picea abies</i>	10
2.6.2	Navadna bukev – <i>Fagus sylvatica</i>	12
2.6.3	Hrast – <i>Quercus</i>	14
3	MATERIALI	16
3.1	MATERIALI	16
3.1.1	Izdelava lesenih vzorcev	16
3.1.2	Označevanje vzorcev	17
3.1.2.1	Označevanje impregniranih in kontrolnih vzorcev smrekovine	17
3.1.2.2	Označevanje impregniranih in kontrolnih vzorcev hrastovine	17
3.1.2.3	Označevanje bukovih vzorcev, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevki – <i>Trametes versicolor</i> (Tv)	17
3.1.2.4	Označevanje bukovih vzorcev, ki so bili izpostavljeni pahljačici – <i>Schizophyllum commune</i> (Sc)	18
3.1.3	Lesne glive	18
3.1.4	Priprava sive gline	18

4	METODE	19
4.1	DOLOČANJE ABSOLUTNE SUHOSTI LESA	19
4.1.1	Priprava suspenzij sive gline	20
4.1.2	Impregnacija vzorcev lesa z 80 % koncentracijo suspenzije sive gline	21
4.1.3	Impregnacija vzorcev lesa s 50 % koncentracijo suspenzije sive gline	22
4.1.4	Impregnacija vzorcev lesa z 20 % koncentracijo suspenzije sive gline	22
4.1.5	Sušenje vzorcev impregniranih s suspenzijo sive gline	23
4.1.6	Priprava hranilnega gojišča za lesne glive	23
4.1.7	Inokulacija gojišč z lesnimi glivami	25
4.1.7.1	Inokulacija hranilnega gojišča z micelijem pisane ploskocevke in hrastove labirintnice	25
4.1.7.2	Inokulacija hranilnega gojišča z micelijem pahljačice in tramovke	26
4.1.8	Preraščanje gojišča	26
4.1.9	Izpostavitve vzorcev glivam	26
4.1.10	Čiščenje in tehtanje vzorcev po razkroju	26
4.1.11	Obdelava podatkov	27
5	REZULTATI	28
5.1	NAVZEM IMPREGNACIJSKEGA SREDSTVA – SUSPENZIJE GLINE	28
5.1.1	Navzem v vzorcih smreke z različnimi koncentracijami suspenzije sive gline	28
5.1.2	Navzem v vzorcih hrasta z različnimi koncentracijami suspenzije sive gline	29
5.1.3	Navzem v vzorcih bukove z različnimi koncentracijami suspenzije sive gline	30
5.2	NAVZEM SUSPENZIJE SIVE GLINE GLEDE NA KONCENTRACIJO	31
5.3	VLAŽNOST VZORCEV PO IZPOSTAVITVI GLIVAM	32
5.4	IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM	33
5.4.1	Izguba mase smrekovih vzorcev po izpostavitvi navadni tramovki	33
5.4.2	Izguba mase hrastovih vzorcev po izpostavitvi hrastovi labirintnici	35
5.4.3	Izguba mase bukovih vzorcev po izpostavitvi pisani ploskocevki – Tv in pahljačici – Sc	37
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	39
6.1	RAZPRAVA	39
6.2	SKLEPI	40
7	POVZETEK.....	41
8	VIRI IN LITERATURA.....	42

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Lastnosti smrekovine po Grosserju in Teetzu (1985)	10
Preglednica 2: Lastnosti bukovine po Grosserju in Teetzu (1985)	12
Preglednica 3: Lastnosti hrastovine po Grosserju in Teetzu (1985)	14
Preglednica 4: Uporabljene koncentracije suspenzije sive gline	20
Preglednica 5: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v smrekovih vzorcih.....	28
Preglednica 6: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v hrastovih vzorcih.....	29
Preglednica 7: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v bukovih vzorcih	30
Preglednica 8: Povprečna vrednost izgube mase s standardnim odklonom vzorcev smreke. .	34
Preglednica 9: Povprečna vrednost izgube mase s standardnim odklonom vzorcev hrasta. ...	36
Preglednica 10: Povprečna vrednost izgube mase s standardnim odklonom vzorcev bukve. .	38

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Delež poraščenosti gozdov v Sloveniji (Zavod za gozdove Slovenije, 2015).....	3
Slika 2: Delež lesnih gliv in insektov v odvisnosti od zemljepisne lege	5
Slika 3: Hrastova labirintnica – <i>Daedalea quercina</i> (Kuo, 2007)	6
Slika 4: Pahljačica – <i>Schizophyllum commune</i> (Kuo, 2007).....	7
Slika 5: Pisana ploskocevk – <i>Trametes versicolor</i> (Kuo, 2007)	8
Slika 6: Navadna tramovka – <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Marin, 2011).....	9
Slika 7: Navadna smreka – <i>Picea abies</i> (Miklavčič, 2007)	11
Slika 8: Navadna bukev – <i>Fagus sylvatica</i> (Miklavčič, 2007)	13
Slika 9: Hrast dob – <i>Quercus robur</i> (Miklavčič, 2007)	15
Slika 10: Prikaz vzorcev.....	16
Slika 11: Laboratorijska električna tehtnica.....	19
Slika 12: Laboratorijski sušilnik	19
Slika 13: Homogenizator.....	20
Slika 14: Zlaganje vzorcev v čašo in zalitje s suspenzijo sive gline	21
Slika 15: Vakuumsko tlačna impregnacijska komora	21
Slika 16: Impregnirani vzorci po impregnaciji z 80 % koncentracijo suspenzije sive gline ...	22
Slika 17: Eksikator	23
Slika 18: Polnjenje kozarcev s PDA-jem	24
Slika 19: Avtoklav.....	24
Slika 20: Aseptična komora	24
Slika 21: Inokulacija prve polovice vzorcev	25
Slika 22: Struktura podatkov v excelu	27
Slika 23: Suh navzem suspenzije sive gline glede na koncentracijo suspenzije sive gline	31
Slika 24: Vlažnost impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam.....	32
Slika 25: Izguba mase smrekovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi navadni tramovki.....	33
Slika 26: Izguba mase hrastovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi hrastovi labirintnici.....	35
Slika 27: Izguba mase bukovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi pisani ploskocevki in pahljačici	37

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ang. – angleško

cit. – citirano

etc. – ang. – in tako dalje (itd.)

ipd. – in podobno

itd. – in tako dalje

m – meter

cm – centimeter

mm – milimeter

max – maksimalno

min – minimalno

% – procenti

npr. – na primer

oz. – oziroma

pr. n. š. – pred našim štejem

t. i. – tako imenovano

u – relativna vlažnost lesa

r_0 – gostota lesa pri 0 % vlažnosti

N/mm^2 – Njutnov na kvadratni milimeter

RZV – relativna zračna vlažnost

R^2 – regresijski koeficient

UV – ultravijolična svetloba

1 UVOD

Zaradi slabe odpornosti nekaterih lesnih vrst, se je skozi zgodovino razvijala kemična zaščita lesa, s katero so ljudje podaljševali trajnost lesenih izdelkov. Vendar je v današnjem času zelo pomemben okoljevarstveni vidik. Les je naraven material, ki mu z različnimi kemičnimi sredstvi sicer lahko podaljšamo življenjsko dobo, a s tem hkrati izničimo njegove okoljske prednosti. Les, zaščiten s kemikalijami, je lahko tudi strupen za človeka, hkrati po končani uporabi lahko predstavlja nevaren odpadek.

Danes mnogo potrošnikov lesenih izdelkov želi imeti naravno zaščiten les. Zato je pri lesenih izdelkih za zunanjo uporabo najprimernejši toplotno modificiran les oz uporaba bolj odpornih drevesnih vrst (kostanj, hrast, macesen ...). Za notranje izdelke pa se lahko površino obdela z naravnimi olji (laneno olje, čebelji vosek ...). Za samo obstojnost lesa pa je pomembna tudi pravilna vgradnja (okno na zunanji strani fasade so bolj občutljiva na vremenske vplive) in konstrukcija lesenih delov (horizontalna balkonska ograja je manj odporna na vremenske vplive kot vertikalna balkonska ograja).

Leta 2002, ko so na Ljubljanskem barju odkrili najstarejše leseno kolo na svetu, sem razmišljal, kako je lahko tako dolgo zdržalo v »zemlji«. Še istega leta sem opazoval, kako sosed vsako odrezano vejo na drevesu prekrije s sivo glino. Dejal je, da dela to zato, ker se odrezane veje lepše zarastejo. Zato sem sklepal, da ima glina lahko pozitiven vpliv na odpornost lesa. Predvideval sem, da se lesu, namočenem v suspenzijo gline, poveča odpornost na glive.

Človek je že v preteklosti uporabljal glino kot osnovni material v t. i. gradbeništvu, za izdelavo raznih posod, za umetniške predmete, v zdravilstvu ... Prvi zapisi o uporabi t. i. medicinske gline so bili odkriti v Mezopotamiji okoli 2500 pr. n. št. Tudi stari Egipčani so poznali njene zdravilne lastnosti in jo uporabljali kot protivnetno in protibolečinsko sredstvo.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Naši najpogostejši drevesni vrsti sta navadna smreka (*Picea abies*) in bukev (*Fagus sylvatica*). Obe drevesni vrsti se pogosto uporabljata za lesene izdelke, vendar sta žal manj odporni na lesne glive in insekte (predvsem bukev). Zato smo se odločili pri preizkusih uporabiti ti dve drevesni vrsti.

Prav tako smo se odločili izvesti preizkus na bolj odpornem lesu hrasta (*Quercus* sp.), da bi ugotovili ali siva glina vpliva na zmanjšan razkroj pri hrastu.

1.2 CILJ NALOGE

Preverili bomo, ali različne suspenzije sive gline, v katerih bomo impregnirali vzorce lesa, vplivajo na odpornost sledečih drevesnih vrst na določeno lesno glivo:

- beljava in jedrovina smreke na navadno tramovko,
- beljava in jedrovina hrasta na hrastovo labirintnico,
- bukev na pisano ploskocevko,
- bukev na pahljačico

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Če bi siva glina prodrla globoko v les, bi tako zaprla lumne ali vrzeli v celičnih stenah in bi s tem preprečila razvoj gliv v lesu.

Primerjali bomo različne drevesne vrste z različno anatomsko zgradbo, bolj impregnabilne drevesne vrste (na katere vpliva poroznost, potek trakov, zmanjšanje zaradi aspiracije pikenj, otiljenje, ekstraktivne snovi ...) lažje impregniramo z glino, zato naj bi pri teh drevesnih vrstah dosegli boljšo zaščito pred glivami, prav tako ima beljava boljšo impregnabilnost kot jedrovina.

Preizkusili bomo kako različne koncentracije sive gline vplivajo na penetracijo v les.

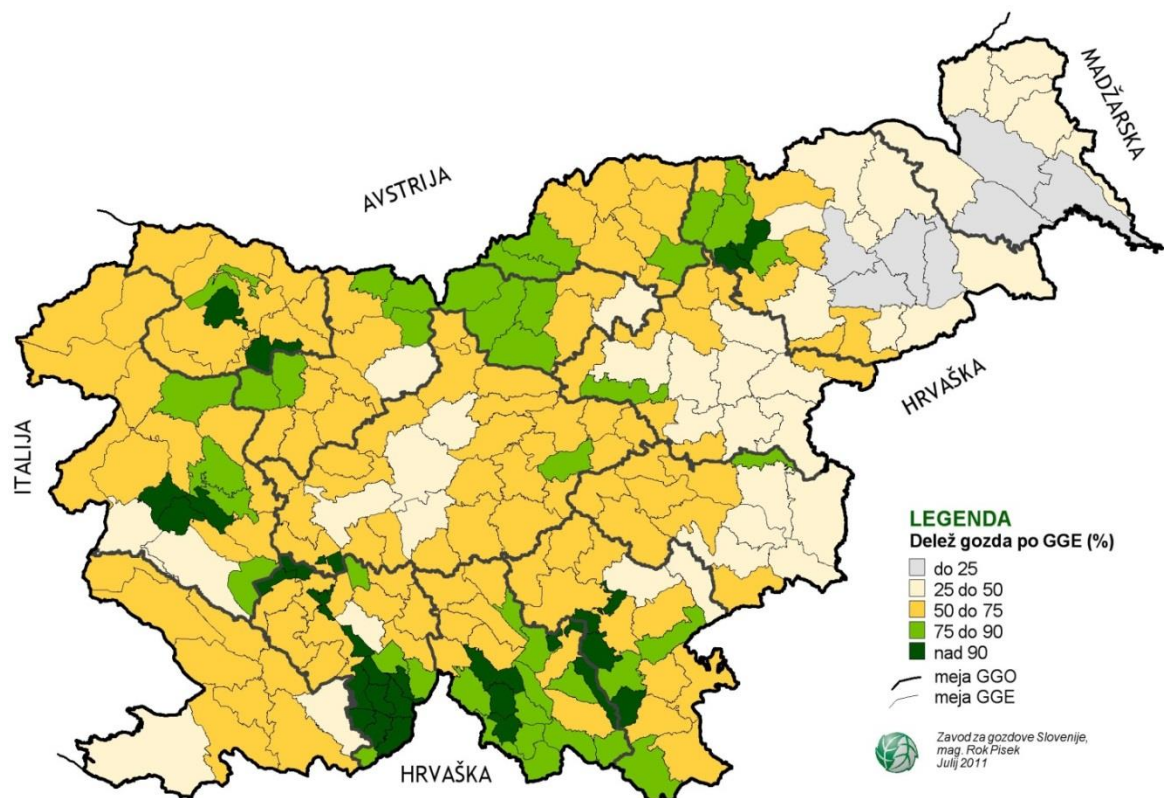
Pri postopku katerega smo izbrali, vakuumskem impregniranju s sivo glino, lahko nastane tekočinski kromatografski učinek, kjer s frakcijo velikosti delcev vplivamo na globino prodora gline v les ter tako dosežemo boljšo penetracijo sive gline v vzorce.

2 PREGLED OBJAV

2.1 GOZD

Slovenija je dežela gozdov saj pokrivajo 58,4 % naše domovine (slika 1). Po gozdnatosti smo na tretjem mestu v Evropski uniji, za Švedsko in Finsko.

Lesna zaloga slovenskih gozdov je 258 kubičnih metrov na hektar, to je skoraj 150 kubičnih metrov lesa na slehernega prebivalca. Prirastek pa 7,1 kubična metra na hektar, kar pomeni, da je to naše bogastvo obnovljivo in ga bodo lahko uporabljale številne generacije v prihodnosti (Zavod za gozdove Slovenije, 2015).



Slika 1: Delež poraščenosti gozdov v Sloveniji (Zavod za gozdove Slovenije, 2015)

2.2 LES IN RAZKROJ LESA

Les je naraven – organski material. Primarno je v deblih dreves ali grmov. Les je kemično sestavljen iz celuloze (listavci 42 do 51 % in iglavci 42 do 49 %), hemiceluloze (listavci 27 do 40 % in iglavci 24 do 30 %) in lignina (listavci 18 do 24 % in iglavci 25 do 30 %). V manjših količinah pa nastopajo še pektini, akcesorni ekstrakti in mineralne snovi (Čufar, 2006).

Naravna odpornost lesa je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje odpornost na napad škodljivcev.

Velike razlike v odpornosti lesa se pojavljajo že v okviru lesa iste drevesne vrste, saj je jedrovina v večini primerov bistveno bolj odporna na biotske in abiotske dejavnike kot beljava. Razlog za razlike v odpornosti je v kemičnih komponentah, ki se med seboj razlikujejo glede na pozicijo v drevesu, torej v beljavi ali v jedrovini, juvenilnem ali adultnem lesu.

Najpomembnejše skupine ekstraktivov v lesu predstavljajo polifenoli, terpeni, maščobne kisline, voski in hlapni ogljikovodiki (Cole, 2006).

Naravno odpornost lesa lahko podaljšujemo z impregnacijo biocidnih proizvodov. Biocidi so aktivne snovi v biocidnih proizvodih, namenjene uničevanju, odvrčanju, preprečevanju ali kakršnekoli vplivu na škodljive organizme na kemijski ali biološki osnovi. V iskanju novih, okolju prijaznejših sredstev in postopkov zaščite, ki bi uspešno nadomestili kemična zaščitna sredstva, se je modifikacija lesa izkazala kot alternativna možnost izboljšanja naravne odpornosti lesa (Pohleven, 2011).

Poznamo abiotične in biotične dejavnike, ki vplivajo na razkroj lesa.

2.3 ABIOTIČNI DEJAVNIKI

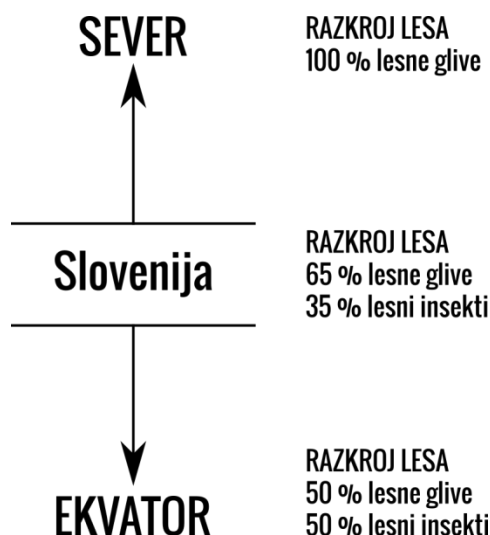
Glavni abiotični dejavniki so predvsem vremenski vplivi, ki se izražajo v obliki dežja (voda izpira ekstraktivne snovi), snega, fotodegradacije s UV – svetlobo, žledu, itd. kar povzroča t.i. peskanje lesa. Kisik oksidira s celulozo in ji spreminja barvo. UV – svetloba depolimerizira lignin na manjše enote, ki se zato lahko izpirajo in posledično nastane kosmata in reliefna površina. Izmenično navlaževanje in sušenje lesa dela majhne razpoke, kar omogoči dobre pogoje za razvoj lesnih gliv in insektov (Pohleven, 2011).

Ogenj je najhitrejša oksidacija lesa. Les razpade na CO₂, H₂O in pepel (minerali).

T. i. kisel dež, ki je posledica umazane industrije in onesnaževanja okolja, zelo negativno vpliva na rast dreves. Na rast dreves negativno vpliva tudi posipavanje cest, ki spreminja vrednost pH zemlje. Les pred abiotičnimi dejavniki lahko zaščitimo s površinskimi premazi (Kervina-Hamović, 1990).

2.4 BIOTIČNI DEJAVNIKI

Biotični dejavniki so dejavniki žive narave. Ti dejavniki so v naravi bistvenega pomena, saj bi brez njih življenje propadlo. Glive in insekti sodelujejo v kroženju hranilnih snovi v gozdu in ohranjajo stabilen ekosistem. Glede na zemljepisno lego (slika 2), je razmerje med lesnimi glivami in insekti, ki razkrajajo les, različen.



Slika 2: Delež lesnih gliv in insektov v odvisnosti od zemljepisne lege

Glive so najpomembnejše razkrojevalke lesa pri nas. Poznamo jih več kot 100.000 vrst. Razkrajajo celulozo, hemicelulozo in tudi lignin. V treh tednih lahko gliva zmanjša maso lesa za 10 % in posledično je mehanska lastnost tega lesa za 90 % manjša (Pohleven, 2011).

Glivni razkroj lesa je proces, kjer pride do razgradnje gradnikov lesa, zaradi delovanja encimov ali nizko molekularnih metabolitov, ki jih izločajo glive. Encimi delujejo kot katalizatorji za potek reakcije, saj znižajo potrebno aktivacijsko energijo, da reakcija steče. Za potek encimatske razgradnje mora biti prisotna vlaga v okolju s pH 6 in s temperaturami do 35 °C. Encimi so specifične molekule, ki potrebujejo ustrezno mesto za vezavo. En encim je sposoben razgraditi le specifično vez na spojini, tisto, ki ima ustrezno mesto za vezavo encima. To bi lahko opisali kot princip ključ/ključavnica. Struktura encimov je lahko enostavna, v smislu ene beljakovine, ki ima lahko dodane ko-faktorje v obliki kovinskih ionov (Mn^{2+} , Mg^{2+}), ali pa v obliki koencima (vitamin B1) (Schmidt, 2006).

Insekti so vsi organizmi, ki živijo ali pa preživijo le del svojega življenja v lesu. Insekti razkrajajo celulozo in hemicelulozo. Insekti in glive potrebujejo za svoj razvoj hrano, vodo (20 % do 90 % vlažnost lesa), temperaturo (3 °C do 40 °C), zrak, svetlobo in pH (4 do 6). Če nam uspe vsaj enega od teh pogojev omejiti, lahko preprečimo razvoj lesnih gliv in insektov (Pohleven, 2011).

2.5 OPIS GLIV

2.5.1 Hrastova labirintnica – *Daedalea quercina*

Hrastova labirintnica (slika 3) je najpogostejša razkrojevalka hrastovega lesa v Sloveniji in povzroča rjavo trohnobo. Njena značilnost je, da okuži tudi jedrovino hrasta in s tem naredi veliko škode. V gozdu okuži le poškodovana drevesa. Pojavlja se tudi na izdelkih, ki so v stiku z zemljo (klopi, drogovi, ograje ...).

Hrastova labirintnica razkraja celulozo in hemicelulozo, lignin se le oksidira in zato dobi les rjavo barvo. Kljub temu, da hrastova labirintnica ne razkraja lignina se mehanske lastnosti lesa hitro poslabšujejo in v končni fazi je tak les neuporaben (les brez težav zdrobimo).

Za vse glive, ki povzročajo rjavo trohnobo je značilno tudi, da za svoj razvoj rabijo nekoliko višjo relativno zračno vlago, les pa nekoliko nižjo vlažnost. Zato se hrastova labirintnica velikokrat pojavlja na končnih izdelkih.

Optimalni pogoji za razvoj hrastove labirintnice so 23 °C in 40 % vlažnost lesa (Pohleven, 2009).



Slika 3: Hrastova labirintnica – *Daedalea quercina* (Kuo, 2007)

2.5.2 Pahljačica – *Schizophyllum commune*

Pahljačica (slika 4) je ena izmed najbolj razširjenih gliv na svetu. Pojavlja se na listavcih in iglavcih. Okuži fiziološko oslABLJENA drevesa, sveže posekana drevesa in tudi lesne kompozite, kot so vezana ali iverna plošča. Pahljačica povzroča belo trohnobo. Velikokrat lesa ne razkrajaja sama, ampak deluje v sožitju z drugimi lesnimi glivami in povzroča piravost. Pahljačica razkrajaja predvsem lignin. Zaradi tega les postane lomljiv, krhek in zelo hitro izgubi mehanske lastnosti (10 % izguba lesne mase zaradi razkroja pahljačice lahko pomeni 90 % izgubo mehanskih lastnosti lesa).

V Aziji jo gojijo tudi v zdravilne in prehranske namene. Ima tudi biotehnični pomen, saj jo uporabljajo v papirni industriji, za razbarvanje tekstilnih barvil v odpadnih vodah in za pomoč pri izločanju težkih kovin iz jalovine.

Optimalna temperatura za razvoj pahljačice je 30 °C in vlažnost lesa 50 do 60 %. Pahljačica zelo dobro prenaša tudi sušno obdobje in direktno sončno svetlobo (Humar, 2009).



Slika 4: Pahljačica – *Schizophyllum commune* (Kuo, 2007)

2.5.3 Pisana ploskocevka – *Trametes versicolor*

Pisana ploskocevka (slika 5) sodi med najbolj razširjene glive na svetu. Najdemo jo predvsem na lesu listavcev (bukev, hrast, kostanj). Zelo pogosto je na hlodovini, stoječa drevesa okuži le, če so že odmrli. Pojavi se na izdelkih, ki so v stiku z zemljo. Na lesu povzroča belo trohnobo. Če je les napaden še z drugimi lesnimi gobami se z njimi bojuje za substrat, kar se odraža v neenakomernem razkrajanju in temnimi črtami na lesu. To se velikokrat zgodi pri bukovini in temu tipu trohnobe rečemo piravost.

Pisani ploskocevki pripisujemo številne zdravilne učinke. Primerna je za kuhanje čaja, ki izboljša imunski sistem, deluje proti prehladu in deluje proti drugim virusom. Znan je tudi zdravilni učinek proti raku. Po drugi strani pa s svojim nespecifičnimi encimi razgrajuje poliklorirane organske biocide. Zato jo uporabljajo za uničevanje posebnih odpadkov kot so: kemično impregniran les, razstrupljanje zemlje...

Optimalna temperatura za razvoj pisane ploskocevke je 30 °C in vlažnost lesa 40 %. Gliva je odporna na dolgotrajno sušo in visoko temperaturo (Pohleven, 2008).



Slika 5: Pisana ploskocevka – *Trametes versicolor* (Kuo, 2007)

2.5.4 Navadna tramovka – *Gloeophyllum trabeum*

Tramovk poznamo več vrst. Hojeva tramovka razkraja smreko in jelko. Siva rjava tramovka razkraja borovino, navadna tramovka (slika 6) pa iglavce in listavce. Razširjena je po celim svetom. Izjema so le tropski in puščavski predeli. Tramovke so največje razkrojevalke lesa na skladišču hlodovine, vrtnega pohištva, ograj, lesenih mostov, lesenih oken ... Nevarna je predvsem tam, kjer zaradi napačno vgrajenega lesa les pogosto zamaka, oz. ob uporabi debeloslojnih površinskih premazov. Debeloslojni premazi omogočijo zastajanje vode v lesu (okna) in to je idealen pogoj za razvoj navadne tramovke. Tramovke povzročajo rjavo trohnobo, ki ima značilen slaček vonj.

Optimalna temperatura za razvoj je med 26 in 35 °C, vlažnost lesa pa med 40 in 60 %. Ker je zelo odporna na visoke temperature, lahko tramovka ob neugodnih pogojih pride v t. i. latentno stanje, ki lahko traja kar 10 let (ob predpostavki, da ima les vlažnost vsaj 12 %) (Humar, 2008).



Slika 6: Navadna tramovka – *Gloeophyllum trabeum* (Marin, 2011)

2.6 LES

2.6.1 Navadna smreka – *Picea abies*

Smreka je zimzeleno drevo višine od 30 do 50 m in premera do 1,2 m. Deblo je ravno, polnolesno z malo vejami (izjema so prosto rastoče smreke). Koreninski sistem je plitev, vendar pokriva veliko površino.

Smrekovina ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Les je večinoma rumenkasto bele barve in sveže posekan diši po smoli. Na gostoto lesa zelo vpliva širina branike. Ozke branike pomenijo malo ranega lesa in več kasnega lesa. Tak les je gostejši in trdnjši. Smrekov les je mehak, srednje gost (300...**430**...640 kg/m³ pri ro), elastičen in dimenzijsko dokaj stabilen (Čufar, 2006). Preglednica 1 prikazuje osnovne fizikalne značilnosti smrekovine.

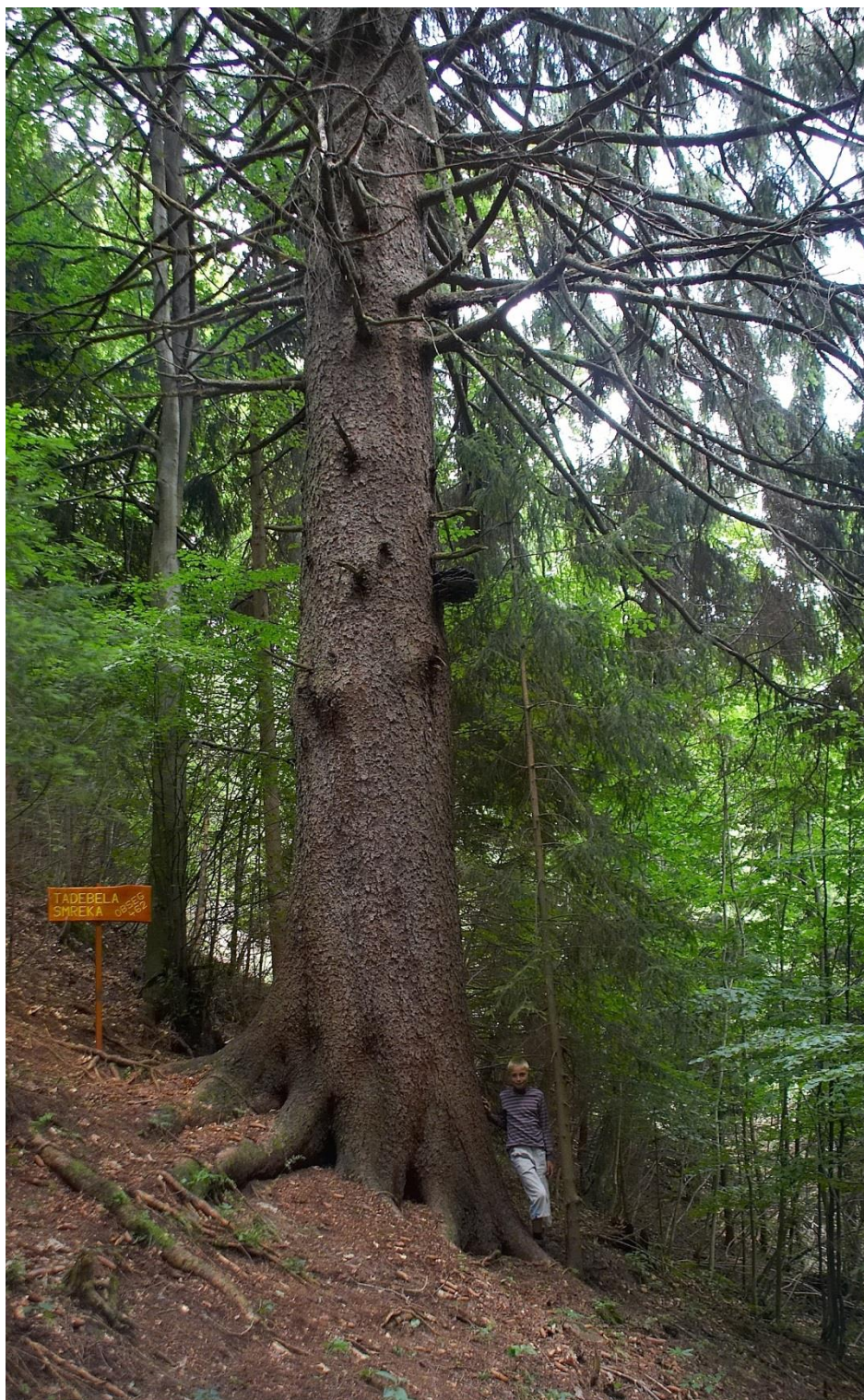
Preglednica 1: Lastnosti smrekovine po Grosserju in Teetzu (1985)

Tlačna trdnost	43 N/mm ²		Volumensko krčenje (β_v)	12,0 %
Natezna trdnost	90 N/mm ²		Vzdolžno krčenje (β_l)	0,3 %
Upogibna trdnost	66 N/mm ²		Tangencialno krčenje (β_t)	7,8 %
Strižna trdnost	6,7 N/mm ²		Radialno krčenje (β_r)	3,6 %

Poseben pomen ima kot gradbeni in konstrukcijski les za visoke in nizke gradnje. Uporablja se za ostrešja, konstrukcijo stavb, skeletno konstrukcijo, stene, strop, okna, vrata, ograje, embalažo ... Primerna je tudi za proizvodnjo lesnih tvoriv (sredico mizarske plošče, iverne plošče, vlaknene plošče ...) in v papirni industriji. Iz najboljše smrekovine z enakomernimi in ozkimi branikami (t. i. resonančni les s posebnimi akustičnimi lastnostmi) se izdelujejo ohišja godal. V Sloveniji raste najboljši resonančen les smrekovine na Pokljuki. Smreka po podatkih iz leta 2010 zavzema 31,5 % lesne zaloge v Sloveniji. Največja smreka raste na Pokljuki z višino 62 m in obsegom 339 cm (Brus, 2012).

Sirup iz smrekovih vršičkov so poznale že naše babice, saj so otroci v zimskih mesecih ob prehladu dobili žličko takega sirupa. Zaradi vsebnosti eteričnih olj odpira dihalne poti in pomaga pri izkašljevanju. Iz smrekovih vršičkov se lahko naredi tudi marmelado.

Največja smreka v Poljanski dolini (slika 7) se nahaja v kraju Gornja Raven na nadmorski višini 874 m. Visoka je 34,6 m in prsni obseg znaša 416 cm. Zaradi svoje velikosti so jo domačini tudi poimenovali »ta debela smreka« (Miklavčič, 2007).



Slika 7: Navadna smreka – *Picea abies* (Miklavčič, 2007)

2.6.2 Navadna bukev – *Fagus sylvatica*

Bukev je listopadno drevo višine do 40 m in premera do 1,5 m. Drevesa v sestoji so ravna, skorja pa tanka, siva in gladka (izjeme so prosto rastoče bukke, ki imajo zelo razvejano krošnjo in krajše deblo).

Les je rdečkasto bele barve, normalno brez obarvane jedrovine (beljava in jedrovina se barvno ne ločita). Pri starejših drevesih se lahko na prečnem prerezu pojavi nepravilno oblikovana jedrovina, ki jo imenujemo »rdeče srce« oz. diskoloriran les. Za rdeče srce je značilno močno otiljenje trahej, ki med drugim otežujejo sušenje in impregnacijo lesa. Bukov les je trd, z visoko gostoto ($490 \dots 680 \dots 880 \text{ kg/m}^3$ pri ρ_0). Na gostoto lesa ne vpliva širina branike, ker je bukev raztreseno porozna vrsta. Dimenzijsko je bukovina zelo neugodna, saj se močno krči in nabreka. Je zelo slabo odporna, saj je zelo podvržena okužbam gliv in insektov (Čufar, 2006). Preglednica 2 prikazuje osnovne fizikalne značilnosti bukovine.

Preglednica 2: Lastnosti bukovine po Grosserju in Teetzu (1985)

Tlačna trdnost	53 N/mm ²		Volumensko krčenje (β_v)	17,9 %
Natezna trdnost	135 N/mm ²		Vzdolžno krčenje (β_l)	0,3 %
Upogibna trdnost	105 N/mm ²		Tangencialno krčenje (β_t)	11,8 %
Strižna trdnost	8 N/mm ²		Radialno krčenje (β_r)	5,8 %

Bukovino se lahko tudi pari in s tem se doseže izenačenje barve lesa, zmanjša notranje napetosti. Tako pripravljena bukovina se zelo dobro krivi. Najbolj znani izdelki iz parjene bukovine so Thonetovi stoli.

Uporaba lesa je zelo raznovrstna: od pohištva, parketa, stopnic, gospodinjskih pripomočkov, igrač, embalaže ... do kurjave in oglja. Bukovina je osnovni material za proizvodnjo: vezanih, mizarskih, ivernih in vlaknenih plošč.

Bukovina po podatkih iz leta 2010 zavzema 31,8 % lesa v Sloveniji. Najdebelejša bukev v Sloveniji, ki ima obseg debla 580 cm in je visoka 30 m, raste v Stari Pouši pri Kokri. Ob reki Krki med Dvorom in Sotesko pa rastejo 46 m visoke bukke (Brus, 2012).

Mladi bukovi listi so nekoliko kiselkastega okusa in vsebujejo trikrat več vitamina C kakor limona. Uporabni so v solati in za pripravo bukovega likerja. Iz žira so včasih s stiskanjem pridobivali okusno jedilno olje, vendar je danes to le še spomin. Kako razširjena dejavnost je to bila, priča poročilo Ministrstva za trgovino in preskrbo za februar 1947, iz katerega razberemo, da so v začetku marca v Sloveniji odkupili 200.302 kg bukovega žira. Iz tega žira so izdelali nekaj manj kot 50.000 litrov olja.

Najdebelejša dvojna zrasla bukev v Poljanski dolini (slika 8) se nahaja v kraju Kolski vrh na nadmorski višini 605 m. Visoka je 29,7 m in ima dve debli. Eno ima prsni obsega 154 cm, drugo pa 135 cm (Miklavčič, 2007).



Slika 8: Navadna bukev – *Fagus sylvatica* (Miklavčič, 2007)

2.6.3 Hrast – *Quercus*

Naši najpomembnejši komercialni vrsti hrasta sta **dob** (*Quercus robur* L. *Quercus pedunculata* Ehrh. (Syn.)) in **graden** (*Quercus petraea* (Mat.) Liebl. *Quercus sessiliflora* Salisb. (Syn.)). Po zgradbi lesa ju prištevamo v skupino t. i. belih hrastov. Po lesu ju ni mogoče zanesljivo razlikovati, se pa razlikujeta po listih.

Hrast je venčasto porozna drevesna vrsta z obarvano jedrovino, ki se ostro loči od beljave. Jedrovina je svetlo rjave barve, ki na svetlobi potemni in je za lesno industrijo zelo pomembna. Beljava pa je rumenkasto bele barve in običajno ni uporabna za lesno industrijo, ker je zelo neoporna na glive in insekte. Gostota hrasta zelo niha in je odvisna od rastišča (390...**650**...930 kg/m³ pri ρ_0). Široka branika pri hrastu pomeni gostejši, trdnější in trši les, ker je v široki braniki večji delež lesnih vlaken z debelimi stenami (Čufar, 2006). Preglednica 3 prikazuje osnovne fizikalne značilnosti hrastovine.

Preglednica 3: Lastnosti hrastovine po Grosserju in Teetzu (1985)

Tlačna trdnost	59 N/mm ²		Volumensko krčenje (β_v)	12,6...15,6 %
Natezna trdnost	135 N/mm ²		Vzdolžno krčenje (β_l)	0,4 %
Upogibna trdnost	100 N/mm ²		Tangencialno krčenje (β_t)	7,8...10,0 %
Strižna trdnost	11 N/mm ²		Radialno krčenje (β_r)	4,0..4,6 %

Hrast je listopadno drevo visoko do 40 m in premera do 2,5 m. Krošnja je razvejana z močnimi vejami. Drevesa v sestoji so lepo raščena z ravnim in cilindričnim deblom (prosto rastoča drevesa pa imajo zelo široko krošnjo in kratko deblo). Koreninski sistem ima močno glavno korenino. Skorja je v mladosti drevesa gladka, kasneje pa močno vzdolžno razpokana in debela.

Hrast je izredno kakovosten, cenjen, trd in obstojen les. Uporablja se kot gradbeni in konstrukcijski les pri visokih in nizkih gradnjah. Uporablja se za izdelavo vrat, oken, stopnic, v parketni industriji, pri gradnji lesenih ladij, za izdelavo luksuznega pohištva ... Odličen je tudi za podvodne konstrukcije, če v okolju ni prisotnih mokri in ladijskih svedrovk (Benetke so zgrajene na hrastovih pilotih).

Najdebelejši slovenski dob raste v vasi Cundrovec pri Brežicah z obsegom 795 cm in višino 20 m. Star je približno 300 let (Brus, 2012).

V človeški prehrani se hrast ne uporablja, je pa želod odlična krma za domače živali, saj so včasih v hrastovih gozdovih pasli prašiče. Ker skorja vsebuje veliko tanina, pomaga pri kožnih boleznih in ozeblinah. Čaj iz hrastovega lubja je še danes pogosto uporabljeno domače zdravilo proti driski pri teletih. Posušene in zmlete plodove nekateri uživajo kot alternativno zdravilo pri okužbah z borelijo. V hrastovih sodih zorijo najboljša vina, se starajo konjak, vinjak in viski, ki iz lesa dobijo tanine, žlahtno barvo in aromo.

Najbolj razvejan hrast dob v Poljanski dolini (slika 9) se nahaja v kraju Zminec na nadmorski višini 373 m. Visok je 22,7 m in prsni obseg znaša 425 cm (Miklavčič, 2007).



Slika 9: Hrast dob – *Quercus robur* (Miklavčič, 2007)

3 MATERIALI

3.1 MATERIALI

Preizkus je bil izveden na: beljavi in jedrovini smreke (*Picea abies*), bukovini (*Fagus sylvatica*), ter beljavi in jedrovini hrasta (*Quercus* sp.).

Za ta preizkus smo potrebovali 180 vzorcev lesa, za vsako posamezno drevesno skupino po 60 kosov.

3.1.1 Izdelava lesenih vzorcev

Ves les smo dobili v manjšem podjetju Peternej – Kržišnik, kjer izdelujejo stopnice, največ iz bukovine in hrasta.

Les smo najprej razžagali na grobe mere, nato poskobljali na točno dimenzijo in nažagali na točno dolžino. Tako pripravljene vzorce smo še ročno obrusili, da smo odstranili morebitne nečiste odreze.

Standard EN 113:2004 predpisuje, da morajo biti vsi vzorci dimenzije $15 \times 25 \times 50 \text{ mm}^3$, da morajo biti brez grč, smolnih žepov, zavitih vlaken in razpok, v tolerančnem območju $\pm 0,1 \text{ mm}$, ter da morajo biti enakomerne rasti in z orientacijo branik pol radialno (slika 10). Slika 10 (iz leve proti desni) prikazuje vzorce: smreke, bukovine, beljavo hrasta in jedrovino hrasta.



Slika 10: Prikaz vzorcev

3.1.2 Označevanje vzorcev

Za vsako posamezno impregnacijo smo potrebovali po pet vzorcev iz posamezne drevesne skupine. Tako pripravljene vzorce smo označil z navadnim grafitnim svinčnikom po sledečem ključu.

3.1.2.1 Označevanje impregniranih in kontrolnih vzorcev smrekovine

- Vzorci jedrovine smreke impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: SM_{j1},... SM_{j5}
- Kontrolni vzorci smreke za 80 % impregnacijo: SM_{jk1},... SM_{jk5}
- Vzorci jedrovine smreke impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: SM_{j6},... SM_{j10}
- Kontrolni vzorci smreke za 50 % impregnacijo: SM_{jk6},... SM_{jk10}
- Vzorci jedrovine smreke impregnirani z 20 % suspenzijo sive gline: SM_{j11},... SM_{j15}
- Kontrolni vzorci smreke za 20 % impregnacijo: SM_{jk11},... SM_{jk15}
- Vzorci beljave smreke impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: SM_{b1},... SM_{b5}
- Kontrolni vzorci smreke za 80 % impregnacijo: SM_{bk1},... SM_{bk5}
- Vzorci beljave smreke impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: SM_{b6},... SM_{b10}
- Kontrolni vzorci smreke za 50 % impregnacijo: SM_{bk6},... SM_{bk10}
- Vzorci beljave smreke impregnirani z 20 % suspenzijo sive gline: SM_{b11},... SM_{b15}
- Kontrolni vzorci smreke za 20 % impregnacijo: SM_{bk11},... SM_{bk15}

3.1.2.2 Označevanje impregniranih in kontrolnih vzorcev hrastovine

- Vzorci jedrovine hrasta impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: HR_{j1},... HR_{j5}
- Kontrolni vzorci hrasta za 80 % impregnacijo: HR_{jk1},... HR_{jk5}
- Vzorci jedrovine hrasta impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: HR_{j6},... HR_{j10}
- Kontrolni vzorci hrasta za 50 % impregnacijo: HR_{jk6},... HR_{jk10}
- Vzorci jedrovine hrasta impregnirani z 20 % suspenzijo sive gline: HR_{j11},... HR_{j15}
- Kontrolni vzorci hrasta za 20 % impregnacijo: HR_{jk11},... HR_{jk15}
- Vzorci beljave hrasta impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: HR_{b1},... HR_{b5}
- Kontrolni vzorci hrasta za 80 % impregnacijo: HR_{bk1},... HR_{bk5}
- Vzorci beljave hrasta impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: HR_{b6},... HR_{b10}
- Kontrolni vzorci hrasta za 50 % impregnacijo: HR_{bk6},... HR_{bk10}
- Vzorci beljave hrasta impregnirani z 20 % suspenzijo sive gline: HR_{b11},... HR_{b15}
- Kontrolni vzorci hrasta za 20% impregnacijo: HR_{bk11},... HR_{bk15}

3.1.2.3 Označevanje bukovih vzorcev, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevki – *Trametes versicolor* (Tv)

- Vzorci bukovine impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: BUT_{v1},... BUT_{v5}
- Kontrolni vzorci bukovine za 80 % impregnacijo: BUT_{vk1},... BUT_{vk5}
- Vzorci bukovine impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: BUT_{v6},... BUT_{v10}
- Kontrolni vzorci bukovine za 50 % impregnacijo: BUT_{vk6},... BUT_{vk10}
- Vzorci bukovine impregnirani z 20 % suspenzijo sive gline: BUT_{v11},... BUT_{v15}
- Kontrolni vzorci bukovine za 20 % impregnacijo: BUT_{vk11},... BUT_{vk15}

3.1.2.4 Označevanje bukovih vzorcev, ki so bili izpostavljeni pahljačici – *Schizophyllum commune* (Sc)

- Vzorci bukovine impregnirani z 80 % suspenzijo sive gline: BUSc₁,... BUSc₅
- Kontrolni vzorci bukovine za 80 % impregnacijo: BUSc_{k1},... BUSc_{k5}
- Vzorci bukovine impregnirani s 50 % suspenzijo sive gline: BUSc₆,... BUSc₁₀
- Kontrolni vzorci bukovine za 50 % impregnacijo: BUSc_{k6},... BUSc_{k10}
- Vzorci bukovine impregnirani z 20 % suspenzij sive gline: BUSc₁₁,... BUSc₁₅
- Kontrolni vzorci bukovine za 20 % impregnacijo: BUSc_{k11},... BUSc_{k15}

3.1.3 Lesne glive

Vzorci lesa smo izpostavili štirim različnim lesnim glivam. Glive smo dobili v t.i. banki gliv na Biotehniški fakulteti, Oddelka za lesarstvo pri katedri Delovna skupina za patologijo in zaščito lesa.

Vzorci smo izpostavili naslednjim lesnim glivam:

- jedrovino in beljavo smreke navadni tramovki – *Gloeophyllum trabeum* (Gt),
- jedrovino in beljavo hrasta hrastovi labirintnici – *Daedalea quercina* (Dq),
- bukovine vzorcev pisani ploskocevk – *Trametes versicolor* (Tv) in pahljačici – *Schizophyllum commune* (Sc).

3.1.4 Priprava sive gline

Uporabili smo sivo glino, ki jo sadjarji v Poljanski dolini uporabljajo pri zaščiti odrezanih vej. Opis in priprava koncentracij suspenzij sive gline je na str. 20 (glej 4.1.1).

4 METODE

4.1 DOLOČANJE MASE LESA V ABSOLUTNO SUHEM STANJU

Pripravljene vzorce smo najprej stehali na elektronski tehtnici (slika 11) na 0,0001 g natančno, da smo lahko izračunali začetno vlažnost vzorcev.



Slika 11: Laboratorijska električna tehtnica

Potem smo zložili vse vzorce v sušilnik (slika 12) in jih pri temperaturi 103 ± 2 °C sušili 24 ur do popolnoma suhega stanja. Ta podatek je pomemben za izračun začetne vlažnosti lesa in za kasnejše izračune različnih mas (masa navzema suspenzije sive gline, masa razkroja impregniranih in kontrolnih vzorcev).



Slika 12: Laboratorijski sušilnik

4.1.1 Priprava suspenzij sive gline

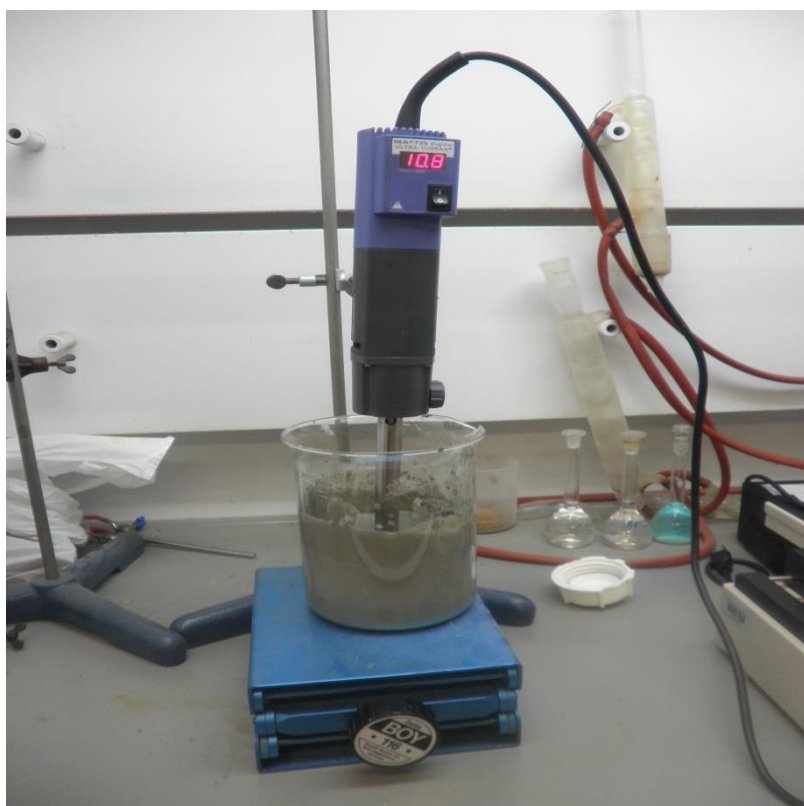
Za pripravo suspenzij smo uporabili sivo glino, ki jo v Poljanski dolini uporabljajo sadjarji. Najprej smo ugotovili delež suhe snovi v glini. To smo storili tako, da smo 100,0541 g gline 24 ur sušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 103 ± 2 °C. Po 24 urah smo stehali glino na elektronski tehtnici, ki je pokazala 75,0131 g suhe snovi. Iz tega sledi, da ima glina, ki smo jo uporabili v preizkusu, 75,0 % suhe snovi.

Pri pripravi suspenzij smo uporabili nesušeno glino. Pripravili smo tri koncentracije suspenzije sive gline, ki so podane v preglednici 4. Za pripravo 80 % suspenzije sive gline smo zmešali 800 g nesušene gline (torej 600 g suhe gline) in 200 g destilirane vode. Ostali suspenziji sive gline (50 % in 20 %) smo pripravili v razmerjih kot so razvidne iz preglednice 4.

Preglednica 4: Uporabljene koncentracije suspenzije sive gline

Koncentracija suspenzije sive gline (%)	Masa sive gline (g)	Masa destilirane vode (g)	Masa celotne koncentracije (g)
80	800	200	1000
50	500	500	1000
20	200	800	1000

Pred uporabo suspenzije sive gline smo jo vedno še dodatno premešali s homogenizatorjem (slika 13), da je bila mešanica čim bolj homogena.



Slika 13: Homogenizator

4.1.2 Impregnacija vzorcev lesa z 80 % koncentracijo suspenzije sive gline

Vzorci smo najprej impregnirali z 80 % suspenzijo gline. Vsi vzorci so imeli oznako od 1 do 5 (glej 3.1.2 Označevanje vzorcev).

V čaši je bilo v treh nivojih zloženih po 15 vzorcev. Med seboj so bili ločeni s plastično mrežico in obteženi z utežmi (slika 14). Zaradi velikega števila vzorcev je impregnacija potekala v dveh čašah.



Slika 14: Zlaganje vzorcev v čašo in zalitje s suspenzijo sive gline

Tako pripravljeni čaši smo zalili s pripravljeno 80 % suspenzijo sive gline, ki je bila predhodno še dodatno premešana s homogenizatorjem, in ju postavili v vakuumsko komoro (slika 15).



Slika 15: Vakuumsko tlačna impregnacijska komora

Najprej smo vzpostavili 88 ± 1 % podtlak, ki je bil dosežen v 5 min, ter ga vzdrževali 1 uro. Temperatura pri izvajanju podtlaka je bila konstantna in je znašala $28,7$ °C. Po 1 uri smo vzorce izpostavili še nadtlaku $8,0 \pm 0,1$ bar, ki smo ga kontrolirali in ročno prilagajali vsakih 10 min. Temperatura pri nadtlaku je bila konstantna in je znašala $30,4$ °C.

Po končanem impregniranju smo postopoma vzpostavili normalen tlak, čaši vzeli iz komore (slika 16) in vzorce v čašah pustili še 24 ur.

Naslednji dan smo impregnirane vzorce očistili in še mokre stehtali.



Slika 16: Impregnirani vzorci po impregnaciji z 80 % koncentracijo suspenzije sive gline

4.1.3 Impregnacija vzorcev lesa s 50 % koncentracijo suspenzije sive gline

Impregnacija je potekala primerljivo kot je opisano v primeru 4.1.2, le da je bila pripravljena koncentracija suspenzije sive gline 50 % in da so imeli vzorci oznako od 6 do 10 (glej 3.1.2 Označevanje vzorcev).

Podtlaku 88 ± 1 % so bili vzorci izpostavljeni 1 uro pri konstantni temperaturi $27,8$ °C, potem smo vzorce za 1 uro izpostavili nadtlaku $8,0 \pm 0,1$ bar, pri konstantni temperaturi $30,1$ °C.

Po končanem impregniranju smo postopoma vzpostavili normalen tlak, čaši vzeli iz komore in vzorce še 24 ur pustili v 50 % koncentraciji suspenzije sive gline. Naslednji dan smo impregnirane vzorce očistili in takoj stehtali.

4.1.4 Impregnacija vzorcev lesa z 20 % koncentracijo suspenzije sive gline

Impregnacija je potekala primerljivo kot v primeru 4.1.2, le da je bila pripravljena koncentracija suspenzije sive gline 20 % in da so imeli vzorci oznako od 11 do 15 (glej 3.1.2 Označevanje vzorcev).

Vzorci so bili najprej 1 uro izpostavljeni 88 ± 1 % podtlaku pri konstantni temperaturi $28,2$ °C, nato smo vzorce za 1 uro izpostavili nadtlaku $8,0 \pm 0,1$ bar, pri konstantni temperaturi $30,3$ °C.

Po končanem impregniranju smo postopoma vzpostavili normalen tlak, čaši vzeli iz komore in vzorce naslednjih 24 ur pustili v 20 % koncentraciji suspenzije sive gline. Naslednji dan smo impregnirane vzorce očistili in takoj stehtali.

4.1.5 Sušenje vzorcev impregniranih s suspenzijo sive gline

Impregnirane vzorce smo pustil dva tedna na prostem, da so se pri sobni temperaturi delno posušili. Potem smo zložili vzorce v laboratorijski sušilnik in jih sušili 24 ur pri temperaturi 103 ± 2 °C.

Po 24 urah smo vzorce prenesli v eksikator (slika 17), kjer so se ohladili. Nato smo jih stehali in dobili maso absolutno suhih vzorcev po impregnaciji z različnimi suspenzijami sive gline. Z razliko mas med absolutno suhimi vzorci po impregnaciji s suspenzijo sive gline in maso absolutno suhih vzorcev pred impregnacijo, smo dobili podatek o masi navzema sive gline.



Slika 17: Eksikator

4.1.6 Priprava hranilnega gojišča za lesne glive

Pripravili smo 108 kozarcev, 108 perforiranih pokrovčkov in 108 mrežic, ki smo jih temeljito očistili s toplo vodo in čistilnim sredstvom. Ko se je steklovina posušila, smo jih razkužili z alkoholom in označili po drevesnih vrstah. Perforiranim pokrovčkom smo zamenjali še vatne vložke, ki preprečujejo okužbo gojišča in hkrati omogočijo dihanje gojišču. Presežek osemnajstih kozarcev je bila rezerva (za vsako gobo po 3), če bi v času preraščanja katero izmed gojišč propadlo ali slabo preraščalo gojišče.

Kot hranilo gojišču za glive smo uporabili krompirjev glukozni agar (potato dextrose agar – PDA). Recept za pripravo hranilnega gojišča je 1 L vode, ki jo zavremo in med mešanjem dodamo 39 g PDA-ja (podobno kot kuhanje pudinga). Tako pripravljen PDA smo vlili v pripravljene kozarce (približno 50 mL).



Slika 18: Polnjenje kozarcev s PDA-jem

Kozarce je treba po polnjenju takoj zapreti (slika 18) in jih prenesti v avtoklav (slika 19), kjer je potekala sterilizacija pri temperaturi 121 °C. V enem dnevu smo porabili le polovico kozarcev (54 kozarcev) za tri lesne glive.



Slika 19: Avtoklav

Po končani sterilizaciji smo sterilna gojišča prenesli v aseptično komoro (slika 20), kjer so se ohladili pod UV – svetlobo. Tako pripravljena gojišča smo naslednji dan inokulirali z micelijem lesnih gliv.



Slika 20: Aseptična komora

4.1.7 Inokulacija gojišč z lesnimi glivami

Zaradi velikega števila vzorcev smo inokulacijo gojišč z lesnimi glivami razdelila na dva dela.

4.1.7.1 Inokulacija hranilnega gojišča z micelijem pisane ploskocevke in hrastove labirintnice

Inokulacija je potekala v laminariju, kjer so sterilni pogoji, ki preprečujejo okužbo s sporami iz zraka. Cepiče smo dobili v t. i. banki gliv na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete.

Inokulacija je potekala z micelijem naslednjih gliv:

- pisana ploskocevka – *Trametes versicolor* (Tv) za bukev,
- hrastova labirintnica – *Daedalea quercina* (Dq) za beljavo in jedrovino hrasta.

Cepiči so bili velikosti približno 1 cm². Vsak cepič se je vstavil v pripravljeno gojišče. Pokrov posode se je obžgal nad gorilnikom zaradi zmanjšanja verjetnosti nezaželene kontaminacije. Po vsakem cepljenju se je skalpel in prijemalko namočilo v alkohol in nato obžgalo nad gorilnikom.

Tako pripravljena gojišča (slika 21) smo najprej označili z vrsto glive in jih prenesli v rastno komoro, kjer so optimalni pogoji za razvoj glive.

Pogoji v rastni komori so bili:

- temperatura v komori 25 ± 1 °C,
- RZV v komori 70 ± 5 %,
- čas preraščanje gojišča štiri tedne.



Slika 21: Inokulacija prve polovice vzorcev

4.1.7.2 Inokulacija hranilnega gojišča z micelijem pahljačice in tramovke

Inokulacija je potekala pod istimi pogoji kot v primeru 4.1.7.1, le da so bile glive naslednje:

- pahljačica – *Schizophyllum commune* (Sc) za bukev,
- navadna tramovka – *Gloeophyllum trabeum* (Gt) za beljavo in jedrovino smreke.

4.1.8 Preraščanje gojišča

Prvič je prišlo do okužbe (okužba s pršicami), tako da so skoraj vsa gojišča propadla. Zato smo morali celoten postopek ponoviti (od čiščenja kozarcev do nove inokulacije micelija gliv). Očistili smo tudi rastno komoro.

V drugem poizkusu je preraščanje potekalo dobro in sledilo je vnašanje kontrolnih in impregniranih vzorcev, ki so bili predhodno označeni, v posode.

4.1.9 Izpostavitve vzorcev glivam

Najprej smo označili vse posode od 1 do 15 po vrstah gliv, da se je ujemalo s ključem označevanja (glej 3.1.2). Vzorce (5 kontrolnih, 5 impregniranih in 5 mrežic) smo zavili v papir za sterilizacijo in jih vstavili v avtoklav. Potem smo vse vzorce in mrežice sterilizirali v avtoklavu eno uro pri temperaturi 121 °C. Sterilizirane vzorce in mrežice smo vstavili v laminarij. Pod sterilnimi pogoji smo vstavili na dno posode mrežico, zraven pa kontrolni in impregnirani vzorec lesa. Pazili smo, da se je oznaka vzorcev ujemala z oznako na kozarcih.

Tako pripravljene in označene posode smo dali v rastno komoro in v začetku tedensko kontroliral preraščanje gliv. Preraščanje je bilo dobro, zato kontrola ni bila več potrebna. Preraščanje je potekalo 16 tednov.

4.1.10 Čiščenje in tehtanje vzorcev po razkroju

Po 16 tednih smo vse vzorce vzeli iz rastne komore in jih očistili. Pri čiščenju smo uporabili krtačko in pri tem pazili, da nismo preveč poškodovali vzorcev, ki so bili že vizualno zelo razkrojeni. Očiščene in še vlažne vzorce smo takoj stekali in jih prenesli v laboratorijski sušilnik za 24 ur pri temperaturi 103 ± 2 °C.

Naslednji dan smo vzorce vzeli iz laboratorijskega sušilnika, jih prenesli v eksikator, kjer so se ohladili, in jim določili maso. Z razliko med maso absolutno suhih vzorcev pred izpostavitvijo lesnim glivam in maso absolutno suhih vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam smo dobili maso razkroja vzorcev, ki so podane v Excelovi tabeli (slika 22).

4.1.11 Obdelava podatkov

Pridobljene podatke smo strukturirali v tabele programa EXCEL 2010 tako, da smo jih lahko kasneje obravnavali s statističnimi metodami. Struktura podatkov je predstavljena na sliki 22.

Namen statistične obdelave podatkov je bil odkriti razlike med impregniranimi vzorci z raztopinami sive gline in kontrolnimi vzorci. Za tovrstno analizo je glede na strukturo podatkov najprimernejša analiza variance, kjer lahko ugotovimo razlike med aritmetičnimi sredinami za različne skupine vzorcev.

N12													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	glin-a-	Sm-jedrovina	Masa m _z	Masa m ₀	Uv _{začetna}	Masa m _g 100%	Masa m _g 0%	Navzem	Navzem	Sm Gt m _g 100%	Sm Gt m _g 0%	Razlika mas	Izgube mase
2	voda		(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(g)	(%)
3													
4		Sm-j 1	10,7471	9,5679	10,97%	19,2360	9,6324	0,0645	0,67%	10,0575	5,4288	4,2036	43,64%
5		Sm-j 2	9,9170	8,8631	10,63%	17,9267	8,9059	0,0428	0,48%	9,9355	4,8875	4,0184	45,12%
6	80 - 20	Sm-j 3	9,5374	8,5396	10,46%	16,8999	8,5900	0,0504	0,59%	10,3479	4,7702	3,8198	44,47%
7		Sm-j 4	9,1648	8,2009	10,52%	16,7393	8,2402	0,0393	0,48%	9,9526	4,3769	3,8633	46,88%
8		Sm-j 5	10,9994	9,8011	10,89%	17,9279	9,8525	0,0514	0,52%	10,3449	5,1299	4,7226	47,93%
9		Povprečje:	10,0731	8,9945	10,69%	17,7460	9,0442	0,0497	0,55%	10,1277	4,9187	4,1255	45,61%
10													
11													
12		Sm-j 6	10,0702	8,9799	10,83%	23,8844	9,0171	0,0372	0,41%	11,3924	5,9097	3,1074	34,46%
13		Sm-j 7	10,1319	9,0127	11,05%	23,7779	9,0637	0,0510	0,56%	12,9342	7,0105	2,0532	22,65%
14	50 - 50	Sm-j 8	9,4462	8,4499	10,55%	22,9554	8,4792	0,0293	0,35%	11,1011	5,4222	3,0570	36,05%
15		Sm-j 9	9,8474	8,8194	10,44%	23,4414	8,8529	0,0335	0,38%	12,0133	6,2830	2,5699	29,03%
16		Sm-j 10	10,0869	8,9951	10,82%	23,8584	9,0299	0,0348	0,39%	13,0931	6,2729	2,7570	30,53%
17		Povprečje:	9,9165	8,8514	10,74%	23,5835	8,8886	0,0372	0,42%	12,1068	6,1797	2,7089	30,55%
18													
19													
20		Sm-j 11	10,6893	9,5311	10,84%	24,0099	9,6419	0,1108	1,15%	14,8218	4,8336	4,8083	49,87%
21		Sm-j 12	10,4371	9,3213	10,69%	24,0761	9,4184	0,0971	1,03%	13,9847	6,1819	3,2365	34,36%
22	20 - 80	Sm-j 13	8,9147	7,9734	10,56%	22,6793	8,0333	0,0599	0,75%	11,5281	4,5371	3,4962	43,52%
23		Sm-j 14	10,0812	9,0564	10,17%	23,5399	9,1473	0,0909	0,99%	13,5239	6,5833	2,5640	28,03%
24		Sm-j 15	9,7933	8,8023	10,12%	23,3476	8,8833	0,0810	0,91%	9,3922	5,3928	3,4905	39,29%
25		Povprečje:	9,9831	8,9369	10,47%	23,5306	9,0248	0,0879	0,97%	12,6501	5,5057	3,5191	39,02%
26													
27													
28		Povprečje:	9,9909	8,9276	10,64%	21,6200	8,9859	0,0583	0,64%	11,6282	5,5347	3,4512	38,39%

Slika 22: Struktura podatkov v excelu

5 REZULTATI

5.1 NAVZEM IMPREGNACIJSKEGA SREDSTVA – SUSPENZIJE GLINE

Navzem impregnacijskega sredstva smo ugotavljali tako, da smo določil maso absolutno suhih vzorcev po impregnaciji in jim odšteli maso vzorcev pred impregnacijo v absolutno suhem stanju ter rezultat delili z volumnom neimpregniranega vzorca. Rezultat je povprečje navzemov petih vzorcev v isti skupini.

Koncentracije suspenzije sive predstavljajo:

- 20 % koncentracija suspenzije sive gline (200 g sive gline dodane 800 g destilirane vode)
- 50 % koncentracija suspenzije sive gline (500 g sive gline dodane 500 g destilirane vode)
- 80 % koncentracija suspenzije sive gline (800 g sive gline dodane 200 g destilirane vode)

5.1.1 Vpliv koncentracije gline v suspenziji na suhi navzem v les smreke

Vrednosti suhega navzema so odvisne od koncentracije sive gline in se razlikujejo pri jedrovini in beljavi smreke (preglednica 5).

Največji povprečni suhi navzem je bil pri najmanjši koncentraciji (20 %) suspenzije sive gline. V jedrovini je znašal $4,95 \text{ kg/m}^3$, v beljavi pa $6,47 \text{ kg/m}^3$. Razlika v navzemu med jedrovino in beljavo bi lahko bila posledica različnih prevodnih lastnosti beljave in jedrovine. Pri jedrovini je prevodnost manjša zaradi procesa ojedritve.

Za ostali dve koncentraciji (50 % in 80 %) suspenzije sive gline bi lahko rekli, da se z večanjem deleža sive gline navzem manjša. Zato lahko sklepamo, da gostejša raztopina sive gline težje prodira v vzorce smreke.

Preglednica 5: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v smrekovih vzorcih

Koncentracije suspenzije sive gline	Jedrovina smreke		Beljava smreke	
	Suh navzem [kg/m^3]	Standardni odklon [g]	Suh navzem [kg/m^3]	Standardni odklon [g]
20 %	4,950	0,962	6,474	1,378
50 %	2,095	0,418	1,358	0,442
80 %	2,800	0,493	2,055	0,779

Iz preglednice 5 je opaziti bistveno večji standardni odklon pri impregniranih vzorcih jedrovine in beljave smreke z 20 % suspenzijo sive gline in destilirane vode.

5.1.2 Vpliv koncentracije gline v suspenziji na suhi navzem v les hrasta

Vrednosti suhega navzema so med jedrovino in beljavo hrasta zelo različni, dodatno pa na navzem vpliva še koncentracija suspenzije sive gline (preglednica 6).

Najvišji suhi navzem smo dosegli pri najmanjši (20 %) koncentraciji suspenzije sive gline. V jedrovini je znašal $4,71 \text{ kg/m}^3$ v beljavi pa kar $13,24 \text{ kg/m}^3$.

Za razliko od smreke in bukovine je bil pri vzorcih beljave hrasta navzem dober tudi pri 50 % suspenzije sive gline. Zato za beljavo hrasta lahko rečemo, da koncentracija suspenzije sive gline manj vpliva na navzem.

Za jedrovino hrasta pa velja podobno kot za smreko in bukev, da pri višjih koncentracijah suspenzije sive gline (50 % in 80 %) do navzema ne pride, oz. je pri jedrovini hrasta (pri 80 % suspenziji sive gline) rezultat suhega navzema negativen. Obstaja verjetnost, da je vrednost negativna zaradi izpiranja ekstraktivnih in drugih snovi iz lesa.

Zato lahko sklepamo, da gostejša raztopina sive gline težje prodira v vzorce jedrovine hrasta. Za hrastovo jedrovino je značilno tudi t.i. otiljenje, kar še otežuje impregnacijo.

Preglednica 6: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v hrastovih vzorcih

	Jedrovina hrasta		Beljava hrasta	
Koncentracije suspenzije sive gline	Suh navzem [kg/m^3]	Standardni odklon [g]	Suh navzem [kg/m^3]	Standardni odklon [g]
20 %	4,710	2,760	13,239	1,803
50 %	0,801	3,150	13,459	5,006
80 %	-1,675	0,838	2,490	1,571

Iz preglednice 6 je opaziti bistveno večji standardni odklon pri impregniranih vzorcih jedrovine in beljave hrasta s 50 % suspenzijo sive gline in destilirane vode.

5.1.3 Vpliv koncentracije gline v suspenziji na suhi navzem v les bukve

Bukove vzorce smo predhodno ločili na tiste, ki jih bomo izpostavili pisani ploskocevki (*Trametes versicolor*) in tiste, ki jih bomo izpostavili pahljačici (*Schizophyllum commune*). Zato so tudi povprečne vrednosti suhega navzema podane ločeno glede na glivo, kateri bo posamezen vzorec izpostavljen (preglednica 7).

Največji povprečni suhi navzem smo dosegli pri najmanjši koncentraciji (20 %) suspenzije sive gline. V vzorcih, ki bodo izpostavljeni pisani ploskocevki je znašal suh navzem 8,87 kg/m³, pri vzorcih, ki bodo izpostavljenimi pahljačici pa kar 14,04 kg/m³. To je tudi največji povprečni suhi navzem, ki smo ga dosegli.

Za ostali dve koncentraciji (50 % in 80 %) suspenzije sive gline, lahko rečemo, da do navzema ni prišlo saj so vrednosti zanemarljive. Zato lahko sklepamo, da gostejša raztopina sive gline težje prodira v vzorce bukovine.

Pri 50 % koncentraciji suspenzije sive gline je vrednost negativna. Možno je, da so se ekstraktivne snovi izprale iz lesa.

Preglednica 7: Vrednosti suhega navzema suspenzije sive gline v bukovih vzorcih

Koncentracije suspenzije sive gline	Bukev – pisana ploskocevka (Tv)		Bukev – pahljačica (Sc)	
	Suh navzem [kg/m ³]	Standardni odklon [g]	Suh navzem [kg/m ³]	Standardni odklon [g]
20 %	8,865	1,534	14,038	0,632
50 %	-0,395	0,501	-0,380	0,726
80 %	0,871	0,654	0,040	1,231

Dejstvo je, da smo pri samem postopku združevali vzorce različnih drevesnih vrst v isti čaši glede na suspenzijo. Vzorce smo impregnirali s suspenzijo gline tako, da smo na dno čaše položili najprej bukove vzorce, nato smrekove in na vrh še hrastove. Bukovi vzorci, katere smo izpostavili pisani ploskocevki, so bili skupaj z vzorci smrekove in hrastove beljave. Bukovi vzorci z višjimi vrednostmi suhega navzema, katere smo izpostavili pahljačici, so bili skupaj z vzorci smrekove in hrastove jedrovine.

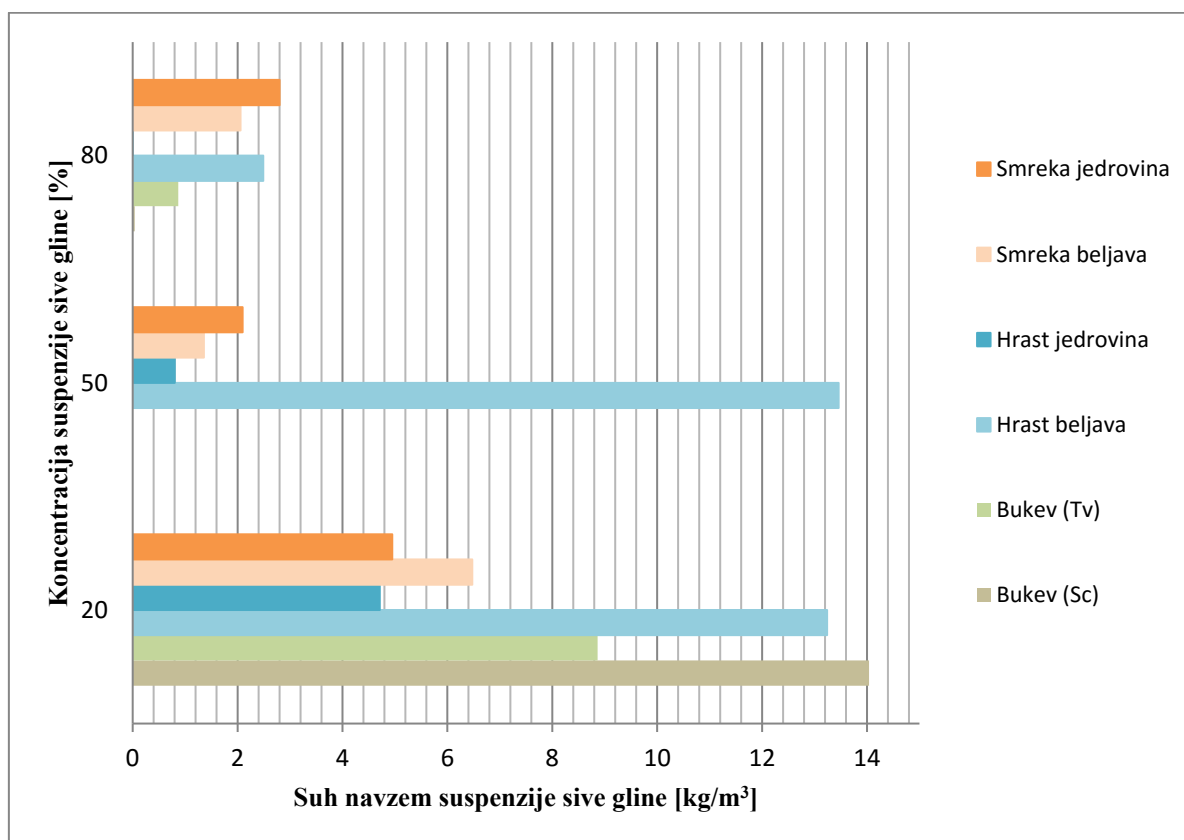
Glede na to, da so v obeh primerih bukov vzorci na dnu čaše, verjetno ne prihaja do težav pri posedanju gline. Lahko bi sklepali, da prihaja do vpliva jedrovinskih substanc smreke in hrasta na bukove vzorce. Obstaja verjetnost, da so bile jedrovinske substance izprane iz vzorcev smreke in hrasta, ki so lahko penetrirale v bukove vzorce.

5.2 NAVZEM SUSPENZIJE SIVE GLINE GLEDE NA KONCENTRACIJO

Suhi navzemi vseh vzorcev (po lesnih vrstah), impregniranih z različnimi suspenzijami sive glin, nam dajo zanimive rezultate (slika 23). Ker so rezultati zelo nehomogeni, ne moremo vzpostaviti linearne funkcije.

V grobem lahko postavimo ugotovitev, da so navzemi pri višjih koncentracijah suspenzije sive glin zelo nizki. Pri nižjih koncentracijah suspenzije sive glin pa je suh navzem bistveno boljši.

Izjema je le beljava hrasta, ki tudi pri 50 % koncentraciji suspenzije sive glin dosega velik navzem. Zdi se, da se v tem primeru beljava hrasta zaradi velikih celičnih lumnov (velikost trahej, ni ojedritve), kljub višji koncentraciji suspenzije sive glin, dobro impregnira.



Slika 23: Suh navzem suspenzije sive glin glede na koncentracijo suspenzije sive glin

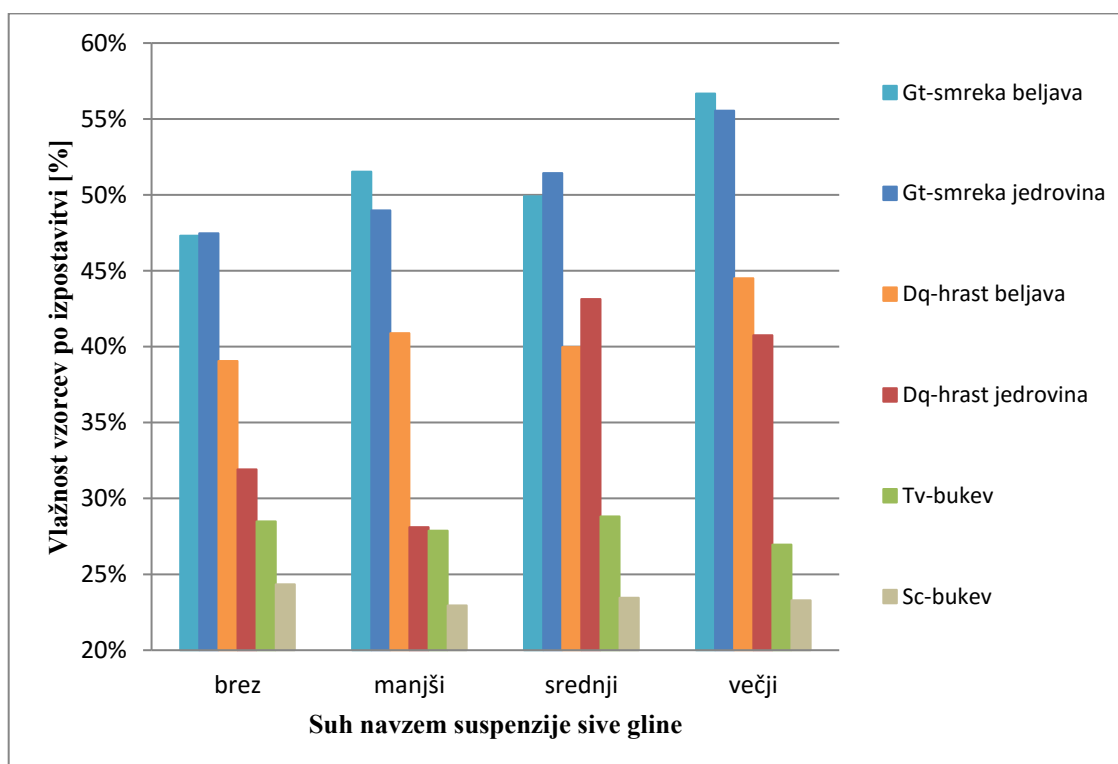
5.3 VLAŽNOST VZORCEV PO IZPOSTAVITVI GLIVAM

Rezultati so pokazali, da se z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline bistveno poveča suh navzem, vendar obstajajo izjeme kjer glina ni prodrla v les, zato smo se skoncentrirali na delež navzema in ne več za kakšno raztopino gre.

Lahko rečemo, da se z večanjem suhega navzema sive gline povečuje vlažnost impregniranih vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam. Vendar pa obstajajo tudi izjeme (slika 24).

Smrekovi vzorci so imeli največjo vlažnost po izpostavitvi glivam (povprečna vlažnost smrekovih vzorcev je 52 %). Zelo podobne rezultate smo dobili tudi pri vzorcih hrasta, le da je veliko večja razlika med hrastovo jedrovino (povprečna vlažnost vzorcev jedrovine hrasta je 38 %) in beljavo (povprečna vlažnost vzorcev beljave hrasta je 43 %). Kot kaže, glina deluje kot absorber vode, oz. med drobnimi delci impregnirane glive nastanejo kapilare kondenzirane vode, ki postavljajo ugodne razmere za razvoj lesnih gliv (Lesar, 2011).

Presenetljivo lahko opazimo, da na vzorcih bukve dobimo drugačne rezultate – z večanjem suhega navzema suspenzije sive gline vlažnost vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam pada.



Slika 24: Vlažnost impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam

Z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline (80 %, 50 %, 20 %) se v večini primerov poveča suh navzem, vendar pri različnih drevesnih vrstah različno. Zato smo prikazali graf na sliki 24 tako, da smo prvo prikazali kontrolne vzorce brez zaščitnega sredstva, nato razvrstili rezultate od najmanjšega do največjega navzema.

5.4 IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM

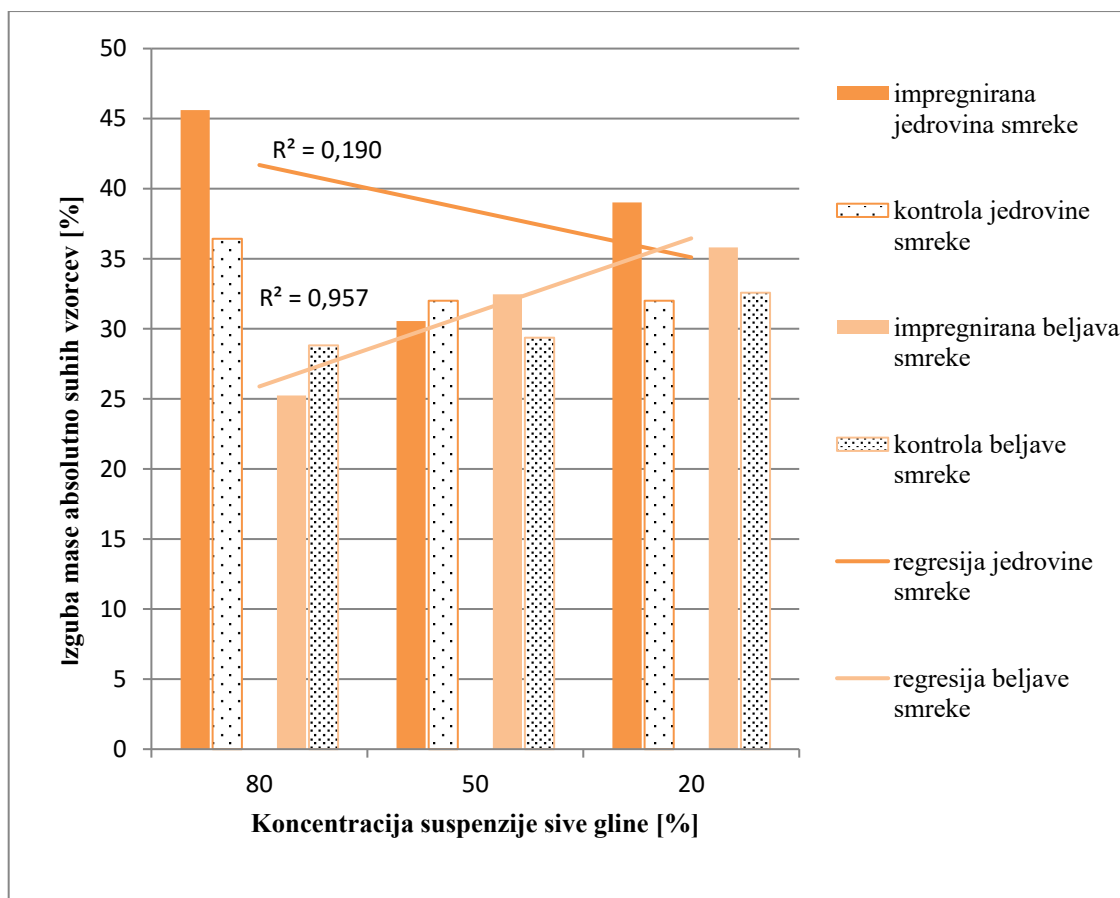
Končne rezultate o izgubah mase različnih lesnih vzorcev smo dobili po šestnajst tedenski izpostavitvi kontrolnih in impregniranih vzorcev. Preraščanje je potekalo dobro in sledilo je dokaj zahtevno čiščenje in sušenje vzorcev, saj je to ključni faktor za natančnost pridobljenih podatkov.

5.4.1 Izguba mase smrekovih vzorcev po izpostavitvi navadni tramovki

Izguba mas smrekovih vzorcev (slika 25), po izpostavitvi navadni tramovki je največja izmed vseh treh drevesnih vrst, ki smo jih impregnirali z različnimi koncentracijami suspenzije sive glin. Najvišjo izgubo mase so imeli vzorci smrekove jedrovine impregnirane z 80 % koncentracijo suspenzije sive glin (45 % izguba mase), najnižjo pa v primeru smrekove beljave (25 % izguba mase), ki je bila impregnirana z 80 % koncentracijo suspenzije sive glin.

Analiza ni pokazala razlik za jedrovino pri vplivu različnih navzemov impregnacijskega sredstva. Večina impregniranih vzorcev jedrovine je izgubila tudi več mase v primerjavi s kontrolnimi vzorci.

Za vzorce beljave pa lahko trdimo, da manjša kot je koncentracija suspenzije sive glin, večja je izguba mase. Vendar so tudi v primeru beljave impregnirani vzorci izgubili več mase kot kontrolni vzorci.



Slika 25: Izguba mase smrekovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi navadni tramovki

Preglednica 8: Povprečna vrednost izgube mase smrekovih vzorcev izpostavljenih tramovki s standardnim odklonom

Koncentracije suspenzije sive gline	Gt - Smreka jedrovina		Gt - Smreka beljava	
	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]
Kontrola	3,036	0,358	2,510	0,130
80 %	4,126	0,328	2,157	0,482
Kontrola	2,565	0,338	2,524	0,219
50 %	2,709	0,383	2,892	0,428
Kontrola	2,522	0,218	2,831	0,399
20 %	3,519	0,729	3,095	0,752

Preglednica 8 prikazuje povprečne vrednosti izgube mase impregniranih in kontrolnih vzorcev ter njihove standardne odklone.

Iz preglednice je opaziti zelo velik standardni odklon pri impregniranih vzorcih jedrovine in beljave smreke s 20 % koncentracijo suspenzije sive glin. Kot kaže je bil razkroj navadne tramovke zelo neenakomeren.

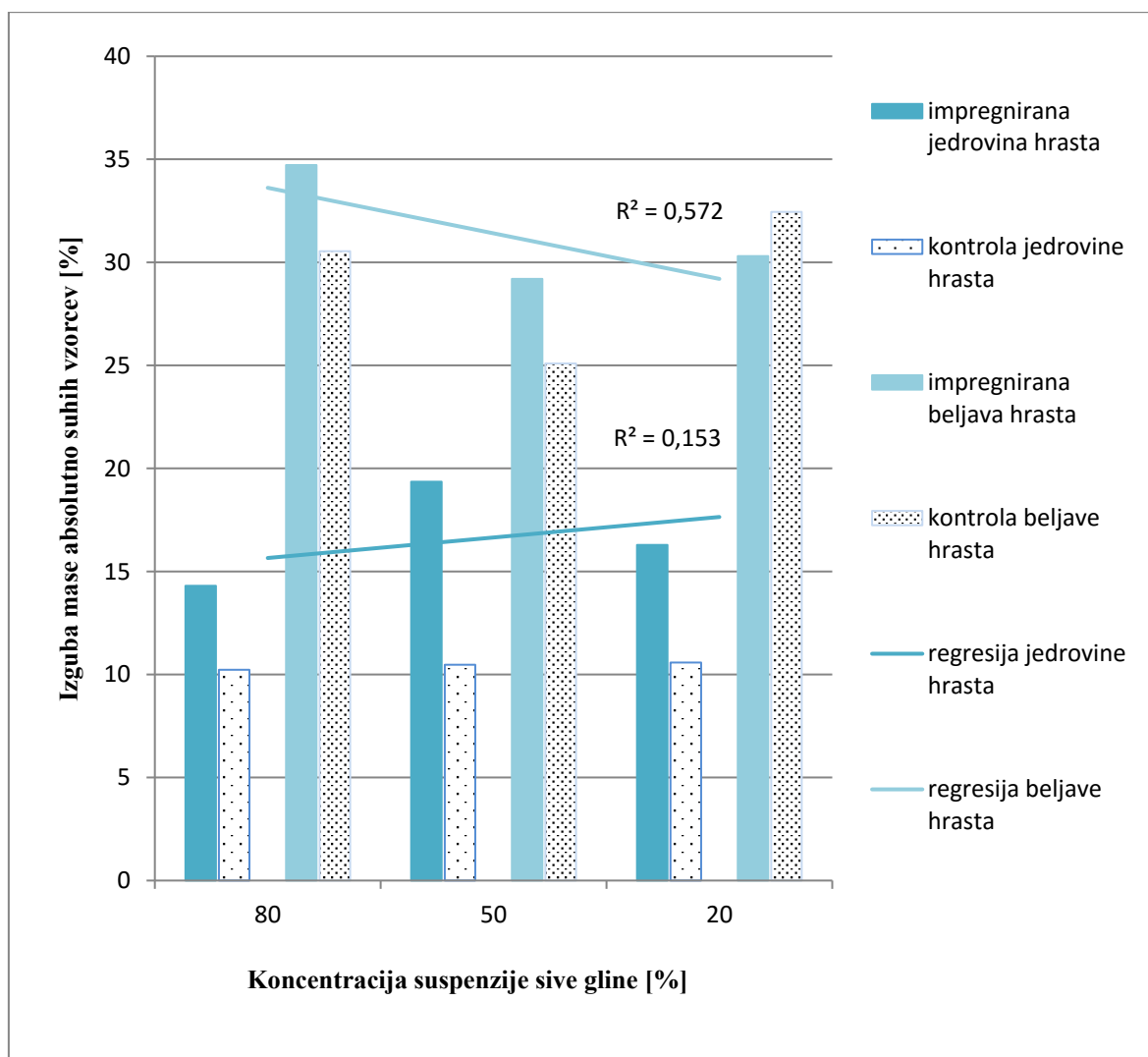
V splošnem pa lahko rečemo, da je bil razkroj vzorcev smrekove jedrovine in beljave zelo neenakomeren in večji v primerjavi z vzorci hrasta in bukve.

5.4.2 Izguba mase hrastovih vzorcev po izpostavitvi hrastovi labirintnici

Izgube mase hrastovih vzorcev (slika 26), po izpostavitvi hrastovi labirintnici, bi lahko razdelili na dva dela. Izgube mas so pri beljavi skoraj dvakrat večje kot pri jedrovini. Tudi pri kontrolnih vzorcih je razmerje med beljavo in jedrovino podobno. To je logično, saj je jedrovina v osnovi veliko bolj odporna na lesne glive kot beljava.

Analiza ni pokazala statistično značilnih razlik o vplivu različnih navzemov impregnacijskega sredstva po izpostavitvi hrastovi labirintnici za jedrovino in beljavo, oziroma je njun R^2 neznačilen. Pri vzorcih beljave deloma lahko rečemo, da z zmanjševanjem suspenzije sive glin nekoliko pada izguba mase. Pri vzorcih jedrovine pa je to razmerje ravno obratno (manjša kot je suspenzija večja je izguba mase).

Vendar pa vrednosti pri vzorcih impregniranih s 50 % koncentracijo suspenzije sive glin nekoliko izstopajo. Pri 50 % koncentraciji suspenzije sive glin imajo vzorci beljave nekoliko manjši razkroj, pri vzorcih jedrovine pa razkroj nekoliko večji razkroj.



Slika 26: Izguba mase hrastovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi hrastovi labirintnici

Preglednica 9: Povprečna vrednost izgube mase hrastovih vzorcev izpostavljenih hrastovi labirintnici s standardnim

Koncentracije suspenzije sive gline	Dq - Hrast jedrovina		Dq - Hrast beljava	
	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]
Kontrola	1,231	0,166	3,483	0,896
80 %	1,678	0,210	3,927	0,372
Kontrola	1,241	0,196	2,811	0,701
50 %	2,305	0,708	3,238	0,743
Kontrola	1,213	0,196	3,659	0,459
20 %	1,912	0,862	3,417	0,548

Preglednica 9 prikazuje povprečne izgube mas impregniranih in kontrolnih vzorcev ter njihove standardne odklone.

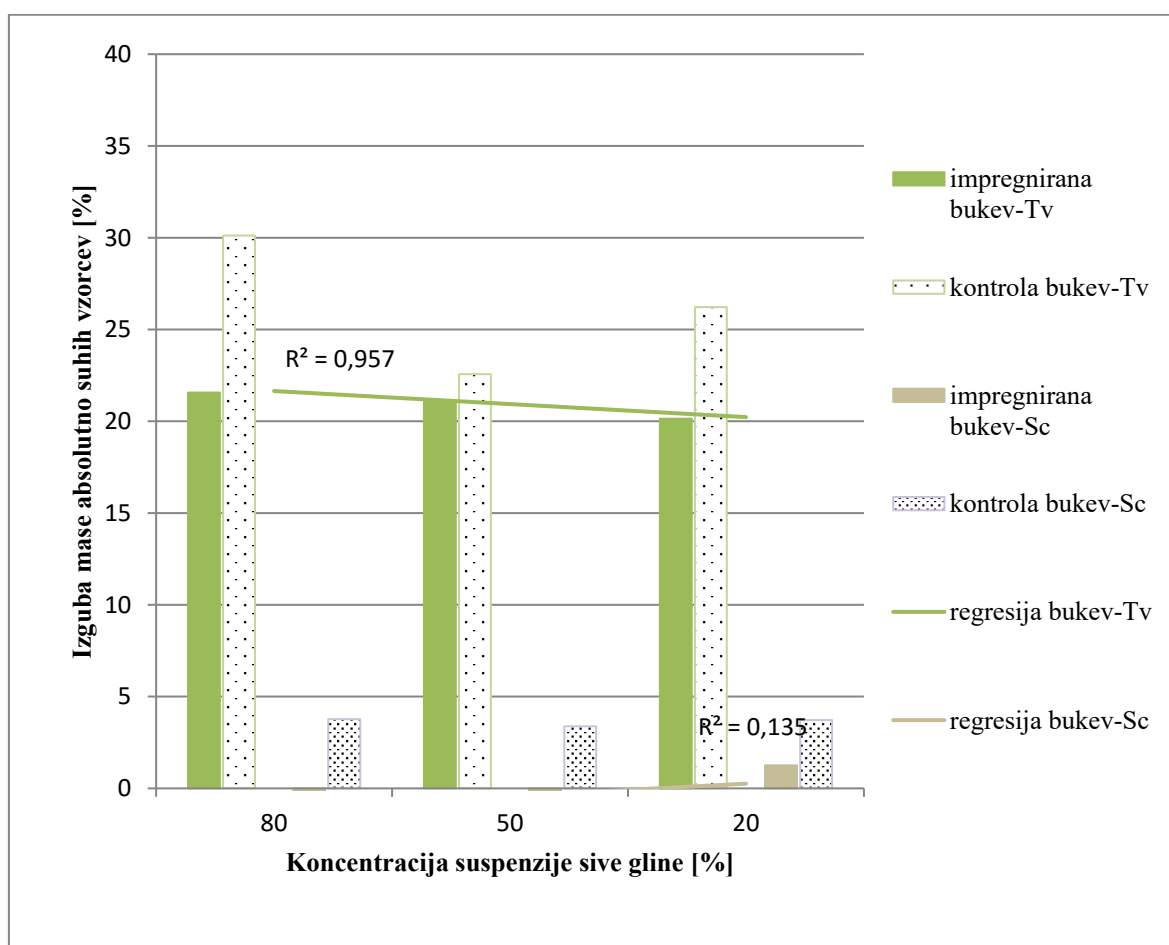
Nenavadno je, da nekoliko izstopajo vrednosti pri vzorcih hrastove jedrovine impregnirane s 50 % koncentracijo suspenzije sive glin. Tudi standardni odklon je pri teh vzorcih zelo velik. Kot kaže je bil razkroj teh vzorcev zelo neenakomeren.

Za vse vzorce hrastove beljave pa lahko rečemo, da je bil razkroj dokaj enakomeren in da so razlike med impregniranimi ter kontrolnimi vzorci majhne.

5.4.3 Izguba mase bukovih vzorcev po izpostavitvi pisani ploskocevki – Tv in pahljačici – Sc

Izgube mase bukovih vzorcev (slika 27), po izpostavitvi pahljačice, ni bilo. Zato lahko sklepamo, da je bilo preraščanje pahljačice slabo in zato so rezultati neuporabni.

V primeru bukovih vzorcev izpostavljenih pisani ploskocevki pa se vidi trend zmanjševanja izgube mase, ki je premosorazmeren z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline. Tudi kontrolni vzorci so v primerjavi z impregniranimi vzorci imeli večjo izgubo mase. Zato lahko sklepamo, da je suspenzija sive gline zavirala rast pisane ploskocevke.



Slika 27: Izguba mase bukovih impregniranih in kontrolnih vzorcev po izpostavitvi pisani ploskocevki in pahljačici

Preglednica 10: Povprečna vrednost izgube mase bukovih vzorcev izpostavljenih pisani ploskocevkki in pahljačici s standardnim odklonom

Koncentracija suspenzije sive gline	Tv - Bukev		Sc - Bukev	
	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]	Povprečna vrednost izgube mase [g]	Standardni odklon [g]
Kontrola	4,024	0,404	0,503	0,180
80 %	2,821	0,574	0,008	0,632
Kontrola	3,026	0,176	0,446	0,223
50 %	2,793	0,432	-0,303	0,377
Kontrola	3,492	0,537	0,498	0,229
20 %	2,725	0,289	0,178	0,457

Preglednica 10 prikazuje povprečne izgube mas impregniranih in kontrolnih vzorcev ter njihove standardne odklone.

Podatki kažejo, da so impregnirani vzorci bukve, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevkki, izgubili manj mase v primerjavi s kontrolnimi vzorci. Tudi standardni odkloni so v primerjavi s smrekovimi in hrastovimi vzorci bolj enakomerni. To dokazuje, da je bil razkroj vzorcev enakomeren in da je suspenzija sive glin nekoliko zavirala razvoj pisane ploskocevke.

Povprečne izgube mas pri bukovih vzorci, ki so bili izpostavljeni pahljačici pa dokazujejo, da je bilo preraščanje pahljačice slabo oz. preraščanja sploh ni bilo.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

Raziskavo v okviru diplomske naloge lahko povzamemo v naslednjih ugotovitvah.

Pri vzorcih smreke lahko opazimo, da je suhi navzem suspenzije sive gline v beljavi večji kot v jedrovini. Pri 20 % koncentraciji suspenzije sive gline je povprečen navzem v beljavi $6,47 \text{ kg/m}^3$, v jedrovini pa $4,95 \text{ kg/m}^3$. Z večanjem koncentracije sive gline je navzem padal. Ugotovili smo, da anatomska zgradba vpliva na navzem raztopine sive gline, saj jo je v beljavi več kot v jedrovini. To dokazuje, da beljavo lažje impregniramo s suspenzijo sive gline (večja permeabilnost).

Opazimo lahko, da se z manjšanjem koncentracije sive gline (večanjem navzema) vlažnost vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam nekoliko zviša. Kot kaže, glina deluje kot absorber vode (Mangel, 2000), med drobnimi delci impregnirane glive nastanejo kapilare kondenzirane vode, ki postavljajo ugodne razmere za razvoj lesnih gliv (Lesar, 2011), in s tem postavlja ugodne pogoje za navadno tramovko.

Z raziskavo smo ugotovili, da je izguba mase smrekovih vzorcev (tako v jedrovini kot v beljavi) po izpostavitvi navadni tramovki zelo velika (do 45 %) in neenakomerna.

Ker so imeli impregnirani vzorci smreke večjo izgubo mase (skoraj v vseh primerih) v primerjavi s kontrolnimi vzorci, lahko zaključimo, da suspenzija sive gline ni delovala zaviralno, oz. je še pospešila razkrajanje smrekovih vzorcev.

Prav tako poroznost lesa vpliva na navzem pri hrastovini, saj je le ta bistveno večji v beljavi kot jedrovini. Največji navzem smo dosegli v vzorcih beljave pri 50 % koncentraciji suspenzije sive gline in je znašal $13,46 \text{ kg/m}^3$. V vzorcih jedrovine pri 20 % koncentraciji suspenzije sive gline pa le $4,71 \text{ kg/m}^3$.

Podobno kot pri smrekovih vzorcih se je ravnovesna vlažnost hrastovih vzorcev po izpostavitvi lesnim glivam višala premo sorazmerno z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline. Tudi pri hrastovini glina deluje kot absorber vode, oz. pospešuje razkrajanje.

Pri vzorcih hrastove jedrovine obdelava podatkov ni pokazala razlik. V vseh primerih so impregnirani vzorci hrastove jedrovine izgubili več mase v primerjavi s kontrolnimi vzorci. Kot kaže je suspenzija sive gline v primeru hrastove jedrovine ustvarila ugodne pogoje za rast hrastove labirintice. V primerjavi s hrastovo beljavo je razkroj hrastove jedrovine bistveno manjši in ne presega 19 %. To je pričakovano, saj je jedrovina veliko bolj odporna na lesne glive kot beljava.

Pri hrastovi beljavi pa je opazen minimalen trend manjšega razkroja impregniranih vzorcev s sivo glino v primerjavi z kontrolnimi vzorci. Še vedno je večina impregniranih vzorcev beljave izgubila več mase v primerjavi s kontrolnimi vzorci, ampak se z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline znižuje tudi izguba mase. Pri vzorcih hrastove beljave impregnirane z 20 % koncentracijo suspenzije sive gline pa so kontrolni vzorci izgubili več mase kot impregnirani vzorci. Kot kaže je suspenzija sive gline v vzorcih hrastove beljave nekoliko zmanjšala razkroj.

Z raziskavo smo ugotovili, da je razkroj hrastove labirintice na vzorcih hrasta manjši v primerjavi s smrekovimi vzorci in ne presega 35 %.

Pri vzorcih bukovine lahko opazimo, da do navzema pri visokih koncentracijah suspenzije sive gline skoraj ni prišlo. Pri 20 % koncentraciji suspenzije sive gline pa je navzem kar $14,04 \text{ kg/m}^3$.

Presenetljivo smo opazili, da se ravnovesna vlažnost impregniranih vzorcev bukovine po izpostavitvi lesnima glivama (pahljačica in pisana ploskocevka) linearno zmanjšuje z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline (v primeru smrekovih in hrastovih vzorcev je bil rezultat ravno obraten).

Pri vzorcih bukovine, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevki pa vidimo razliko med impregniranimi in kontrolnimi vzorci. Z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline se zmanjšuje tudi izguba mase impregniranih vzorcev. Po drugi strani pa so vsi kontrolni vzorci imeli večjo izgubo mase kot impregnirani vzorci. Zato lahko sklepamo, da je suspenzija sive gline zavirala rast pisane ploskocevke.

Za drugo polovico bukovih vzorcev, ki so bili izpostavljeni pahljačici pa statistične analize ne moremo upoštevati, ker je prišlo do slabega preraščanja. Gotovo je prišlo do nekakšne kontaminacije pri vnosu impregniranih in kontrolnih vzorcev na micelij pahljačice.

Z raziskavo smo ugotovili, da je razkroj pisane ploskocevke najmanjši (v primerjavi z vzorci smreke in hrasta) in ne presega 22 %.

Razlogov za večji obseg razkroja impregniranih vzorcev v primerjavi s kontrolnimi vzorci je lahko več. Verjetno glina deluje kot zadrževalec vode, kar omogoča lesnim glivam boljše pogoje za rast, zato so impregnirani vzorci bolj razkrojeni.

Glina ima zelo dobro absorpcijo. Vodo absorbira tako, da se vsa zrnca v glini omočijo in pore napolnijo z vodo. Poleg tega pa ima glina še eno zelo pomembno lastnost absorpcije: ko se voda veže na površino zrnca, se dimenzije celic povečajo. Zato vse suhe gline, ki pridejo v stik z vodo, nabreknejo. V strukturo glin pa se vežejo tudi različni kovinski kationi. Ker je ta vez rahla, se kationi lahko med seboj izmenjujejo, če glino obdelujemo z vodo, v kateri so raztopljeni drugi kationi (kalcij, kalij, magnezij...). Na tej osnovi temelji velika absorpcijska moč glin (Dextreit, 2016).

Ko smo vzorce impregnirali z raztopino sive gline, smo pričakovali, da bo siva glina zavirala razvoj lesnih gliv. Toda očitno so dobre absorpcijske lastnosti sive gline ustvaril ugodne pogoje za razvoj lesnih gliv pri vzorcih smreke in hrasta. Pri vzorcih bukovine impregniranih s sivo glino pa opazimo zmanjšanje razkroja.

Da bi lahko bolje opredelili rezultate in dosegli želeno zaščito lesa, bi bilo potrebno dosegati večje navzeme, bodisi z drugačno metodo impregnacije, bodisi z zmanjševanjem deleža sive gline v suspenziji. V večini primerov smo večji navzem dosegli pri 20 % koncentraciji suspenzije sive gline. Zelo pomembna je tudi izbira drevesne vrste, katero želimo impregnirati s sivo glino. Za impregniranje s sivo glino bi bila zanimiva bukev, kjer se je pokazal vpliv različnih suspenzij sive gline na lesne glive.

6.2 SKLEPI

- Zaradi slabega navzema suspenzije sive gline v vzorce lesa, bi bilo treba spremeniti postopek impregnacije (povečati čas impregnacije), zmleti glino v manjše delce ali pa s postopkom vrezovanja pospešiti impregnacijo suspenzije sive gline.
- Impregnabilnost same drevesne vrste vpliva na količino suspenzije sive gline, ki prodre v les. Zato bi morali izbrati čim bolj impregnabilne drevesne vrste, da bi omogočali boljše impregniranje vzorcev.
- V veliki večini so impregnirani vzorci izgubili nekoliko več mase kot kontrolni vzorci. Zato lahko sklepamo, da je suspenzija sive gline nekoliko povečala razkroj lesa. Izjema so le vzorci bukovine, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevki.

7 POVZETEK

Zaradi slabe odpornosti lesnih vrst, se je skozi zgodovino razvijala kemična zaščita lesa, s katero se poveča trajnost lesenih izdelkov. Vendar pa je v današnjem času zelo pomemben okoljski vidik. Les je naraven material, ki mu z raznimi biocidi sicer lahko podaljšamo življenjsko dobo, a s tem hkrati izničimo njegovo pristnost. Les, zaščiten s kemikalijami, pa je lahko tudi strupen za človeka, hkrati pa po končani uporabi predstavlja nevaren odpadek.

Glina je naraven in prijazen material (sestavljena iz mineralov), ki ne povzroča obremenitev za okolje. Prav tako les, ki je impregniran z glino, po končani uporabi ne predstavlja nobenih obremenitev za okolje.

Ker sivo glino uporabljajo sadjarji pri obrezovanju sadnega drevja za zaščito (odrezane veje prekrijejo s sivo glino), je bila naša hipoteza, da bi lahko siva glina negativno vpliva na rast lesnih gliv.

Preizkusili smo tri različne koncentracije sive gline (80 % sive gline in 20 % destilirane vode, 50 % sive gline in 50 % destilirane vode in 20 % sive gline in 80 % destilirane vode), s katerimi smo impregnirali smrekove, bukov in hrastove vzorce v vakuumsko tlačni impregnacijski komori pod enakimi pogoji (eno uro se je izvajal 88 ± 1 % podtlak, nato se je eno uro izvajal $8,0 \pm 0,1$ bar nadtlak). Vzorci so bili dimenzije $15 \times 25 \times 50$ mm³. Impregnirane in kontrolne vzorce smo za 16 tednov izpostavili delovanju gliv v skladu s standardom EN 113:2004. Smreko smo izpostavili navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*), bukev pisani ploskocevkci (*Trametes versicolor*) in pahljačici (*Schizophyllum commune*), hrast pa hrastovi labirintnici (*Deadalea quercina*).

Ugotovili smo, da poroznost lesa vpliva na navzem sive gline, saj ga lažje dosežemo z nižjo koncentracijo. V vseh primerih je bil največji navzem pri 20 % suspenziji. Pri beljavi hrasta pa je bil navzem dober tudi pri 50 % koncentraciji suspenzije sive gline. Za vse ostale vzorce lahko rečemo, da je bil navzem zelo majhen ali ga pa sploh ni bilo.

Kljub temu, da smo uporabili različne suspenzije sive gline, so bili impregnirani vzorci v večini primerih bolj razkrojeni (večja izguba mase) kot kontrolni vzorci. Največja izguba mase (45 %) je bila pri vzorcih jedrovine smreke, ki je bila impregnirana z 80 % koncentracijo suspenzije sive gline. Z nižanjem koncentracije suspenzije sive gline se je nekoliko znižala tudi izguba mase, ki pa ni padla pod 14 % (vzorci jedrovine hrast).

Ugotovili smo, da vzorci impregnirani z različnimi suspenzijami sive gline ne zavirajo rasti lesnih gliv. Kot kaže suspenzija sive gline celo nekoliko pripomore k rasti lesnih gliv.

8 VIRI IN LITERATURA

- Brus R. 2012. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Samozaložba: 406 str.
- Cole B. 2006. Extractive of Wood.
<http://chemistry.umeche.maine.edu/Green/Afternoon/Cole.pdf>
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Dextreit R. 2016. Glina zdravi. Ljubljana, Veronika Novak: 151 str.
- Humar M. 2008. Tramovka – najbolj kozmopolitanska lesna gliva. Les, 60, 4: 159
- Humar M. 2009. Pahljačica – ena najbolj razširjenih gliv na svetu. Les, 61, 2: 72–73
- Kervina L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta,
VTOZD za lesarstvo: 126 str.
- Kuo M. 2007. Daedalea quercina. MushroomExpert.Com
http://www.mushroomexpert.com/daedalea_quercina.html, (29. maj 2016)
- Kuo M. 2003. Schizophyllum commune. MushroomExpert.Com
http://www.mushroomexpert.com/schizophyllum_commune.html, (29. maj 2016)
- Kuo M. 2005. Trametes versicolor. MushroomExpert.Com
http://www.mushroomexpert.com/trametes_versicolor.html, (29. maj 2016)
- Lesar B. 2011. The Influence Of Drying On The Sorptionproperties Of Polyethylene Wax Treated Wood. Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik., vol. 54, nr 185
- Levanič J. 2012. Ugotavljanje fungicidnih lastnosti lesa impregniranih z glino.
Diplomski projekt. Ljubljana, Univerzitetni študij I. stopnje,
Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 42 str.
- Mangel A. 2000. Identifying Physical and Chemical Phenomena with Gravimetric Wate Sorption Analysis. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 62, 2: 529-537
- Marín J. 2011. Gloeophyllum trabeum. Granadanatural.com
http://www.granadanatural.cm/ficha_hongos.php?cod=452, (27. marec 2016)
- Miklavčič F. 2007. Drevesa posebneži Poljanske doline. Dolenja Raven,
Samozaložba: 144 str.
- Pohleven F. 2011. Predloge za predmet »Patologija lesa«. Ljubljana, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za lesarstvo - izročki
- Pohleven F. 2008. Pisana ploskoceвка – najbolj pogosta lesna goba. Les, 60, 3: 115

Pohleven F. 2009. Hrastova labirintnica – najhujša uničevalka hrastove jedrovine.
Les, 61, 1: 32

Schmidt O. 2006. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use. Berlin, Heidelberg, Springer: 334 str.

Zavod za gozdove Slovenije. (27. marec 2015). Gozdnatost in pestrost gozdov
[http:// www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/gozdnatost-in-pestrost/index.html](http://www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/gozdnatost-in-pestrost/index.html)
(27. marec 2016)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Francetu Pohlevnu, ki je kljub dolgotrajnemu nastajanju diplomskega dela, sprejel mentorstvo in me strokovno vodil, ter mi nudil nesebično pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Hvala tudi recenzentu, prof. dr. Mihi Humarju, za koristne nasvete in strokovno pomoč, ter strokovni sodelavki gospe Žagar Andreji za pomoč pri inokulaciji.

Največja zahvala pa gre moji ženi prof. mat. in fiz. Darji Krek, ki je vztrajala in me spodbujala k želenemu cilju.

Hvala tudi prijatelju dipl. teol. Martinu Lenarčiču za tisk in pomoč pri oblikovanju, dipl. ing. lesarstva Miladinu Jokiču za pomoč in svetovanju pri obdelavi podatkov, ter univ. dipl. prev. Kristini Petrnelj za pomoč pri prevajanju.

Zahvaljujem se tudi podjetju Alples d.d., ker mi je omogočilo fleksibilne delovne pogoje ter finančno pomoč za dokončanje študija.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK BF ZA LESARSTVO

Sebastjan KREK

**VPLIV IMPREGNACIJE S SIVO GLINO NA
FUNGICIDNE LASTNOSTI LESA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

