

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej DIM

**UČINKOVITOST IZBRANIH HIDROFOBNIH
PRIPRAVKOV ZA LES**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej DIM

UČINKOVITOST IZBRANIH HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV ZA LES

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**EFFICACY OF SELECTED HYDROPHOBIC FORMULATIONS FOR
WOOD**

B. Sc. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomski projekt je zaključek visokošolskega strokovnega študija Tehnologij lesa in vlaknatih kompozitov 1. stopnje. Opravljen je bil v Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval izr. prof. dr. Miho Humarja in za recenzenta prof. dr. Marka Petriča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je projekt, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identičen tiskani verziji.

Andrej Dim

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*842.2
KG	les/impregnacija/hidrofbnost/vosek/tungovo olje/laneno olje
AV	DIM, Andrej
SA	HUMAR, Miha (mentor)/Petrič, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2012
IN	UČINKOVITOST IZBRANIH HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV ZA LES
TD	Diplomski projekt (visokošolski strokovni študij – 1. st.)
OP	VIII, 36 str., 12 pregl., 14 sl., 21 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Les kot organski material navadno sam po sebi ni dovolj odporen za uporabo na prostem, kjer je izpostavljen različnim dejavnikom razkroja. Zato ga je treba ustrezno zaščititi. Ena od rešitev je zaščita s hidrofobnimi pripravki, s katerimi poskušamo preprečiti dodatno navlaževanje lesa in ga s tem obvarovati pred glivnim razkrojem. Preučevali smo, kako učinkovito različni hidrofbni pripravki preprečujejo navlaževanje lesa. Iz smrekovine (<i>Picea abies</i>) smo pridobili vzorce, ki smo jih impregnirali z različnimi hidrofobnimi pripravki (rustikal olje, silikonska emulzija, laneno olje, montanski vosek, tungovo olje, itd.). Po impregnaciji in fiksaciji smo impregnirano stran vzorcev potopili v vodo. Navlaževanje vzorcev smo določili v skladu z modificiranim standardom EN 927-5. Vzorce smo potopili v vodo za točno določena časovna obdobja (1, 2, 3, 4 in 7 dni) in jim gravimetrično določili vlažnost. Nekateri hidrofbni pripravki dobro zaščitijo les pred vlago, drugi pa slabše. Med testiranimi hidrofobnimi pripravki se je najbolje obneslo rustikal olje, najslabše pa polietilenski vosek, ki smo ga pred testiranjem segrevali na 145 °C (WE1 50).

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 630*842.2
CX wood/impregnation/hydrophobicity/wax/tung oil/linseed oil
AU DIM, Andrej
AA HUMAR, Miha (supervisor)/PETRIČ, Marko (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2012
TI EFFICACY OF SELECTED HYDROPHOBIC FORMULATIONS FOR WOOD
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VIII, 36 p., 12 tab., 14 ann., 21 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Wood as organic material is generally not suitable for outdoor applications, as it is susceptible to different factors of decomposition. Thus, it has to be protected properly. One of the solutions is protection with hydrophobic solutions, which limits moisturizing, and therefore, protects it from fungal decomposition. The purpose of this research was to elucidate efficacy of different hydrophobic solutions, and emulsions to reduce or slow down moisturizing. Norway spruce (*Picea abies*) wood samples were impregnated with different hydrophobic solutions (rustical oil, silicone emulsion, linseed oil, mountain wax, tung oil, etc.). After the impregnation and conditioning, the impregnated part of the samples was exposed to water as prescribed by EN 927-5 standards. After respective periods of submersion, (1, 2, 3, 4 and 7 days) water uptake was gravimetrically determined. Hydrophobic solutions were more or less effective. Among the tested hydrophobic solutions rustical oil exhibited the highest efficacy, while the lowest hydrophobic effect was determined at spruce wood samples impregnated with polyethylene wax emulsions, which were heated above 145 °C prior testing (WE1 50).

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 LES	2
2.2 LES SMREKE	3
2.3 DEJAVNIKI RAZKROJA	4
2.3.1 Biotski in abiotski dejavniki	4
2.3.2 Glive razkrojevalke	4
2.3.3 Pogoji za rast lesnih gliv	5
3 MATERIALI IN METODE	7
3.1 MATERIALI	7
3.1.1 Vzorci	7
3.1.2 Hidrofobna sredstva	7
3.1.2.1 Polietilenski vosek (We1) in oksidirani polietilenski vosek (We6)	7
3.1.2.2 Silikonska emulzija	7
3.1.2.3 Tungovo olje	8
3.1.2.4 Rustikal olje	8
3.1.2.5 Laneno olje	8
3.1.2.6 Montanski vosek (LGE)	9
3.2 METODE	9
3.2.1 Priprava vzorcev	9
3.2.2 Oštevilčenje vzorcev	10
3.2.3 Impregnacija vzorcev	10
3.2.4 Določanje hidrofobnosti	12
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	13

4.1	MOKRI NAVZEM HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV	13
4.2	UČINKOVITOST IZBRANIH HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV	13
4.2.1	Učinkovitost polietilenske emulzije We1 50 (seg.) proti navlaževanju smrekovine	13
4.2.2	Učinkovitost oksidirane polietilenske emulzije We6 (seg.) proti navlaževanju smrekovine	15
4.2.3	Učinkovitost oksidirane polietilenske emulzije We6 50 proti navlaževanju smrekovine	17
4.2.4	Učinkovitost polietilenske emulzije We1 50 proti navlaževanju smrekovine	19
4.2.5	Učinkovitost lanenega olja proti navlaževanju smrekovine	21
4.2.6	Učinkovitost montanskega voska (LGE 100) proti navlaževanju smrekovine	23
4.2.7	Učinkovitost silikonske emulzije proti navlaževanju smrekovine.....	25
4.2.8	Učinkovitost tungovega olja proti navlaževanju smrekovine.....	26
4.2.9	Učinkovitost rustikal olja proti navlaževanju smrekovine	28
4.2.10	Primerjava izbranih hidrofobnih pripravkov proti navlaževanju smrekovine.....	30
5	SKLEPI	32
6	POVZETEK.....	33
7	VIRI	34
	ZAHVALA	36

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Minimalna, maksimalna in optimalna vlažnost lesa, ki ustreza izbranim predstavnicam gliv razkrojevalk lesa (prirejeno po Schmidt, 2006).....	6
Preglednica 2: Mokri navzem hidrofobnih pripravkov.....	13
Preglednica 3: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145 °C.....	14
Preglednica 4: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145°C.....	15
Preglednica 5: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	17
Preglednica 6: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	19
Preglednica 7: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z lanenim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	21
Preglednica 8: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z montanskim voskom (LGE 100) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	23
Preglednica 9: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	25
Preglednica 10: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s tungovim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	26
Preglednica 11: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z rustikal oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	28
Preglednica 12: Povprečne mase vzorcev, impregniranih z izbranim hidrofobnim pripravki.....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Vzorci, premazani z epoksidnim premazom Epolor (Color).....	9
Slika 2: Laboratorijska vakuumška tlačna komora Kambič.....	10
Slika 3: Laboratorijska tehničnica Exacta.....	11
Slika 4: Vzorci potopljani v posodi z vodo.....	12
Slika 5: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145 °C.....	14
Slika 6: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145°C.....	16
Slika 7: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	18
Slika 8: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	20
Slika 9: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z lanenim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	22
Slika 10: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z montanskim voskom (LGE 100) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	24
Slika 11: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	25
Slika 12: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s tungovim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	27
Slika 13: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z rustikal oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.....	29
Slika 14: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z izbranimi hidrofbnimi pripravki.....	31

1 UVOD

Les je v naravi izpostavljen biotskim in abiotskim dejavnikom razkroja. Pri uporabi lesa v komercialne namene pa želimo te procese čim bolj upočasniti. Raba lesa v zadnjih letih zelo narašča. Zaradi premajhnih količin odpornega lesa, tudi neodporen les uporabljamo v okoljih, ki so zanj zelo ogrožujoči. Pri tem mislimo predvsem na vlažno okolje, v katerem les brez učinkovitih sredstev za zaščito ni trajen. Pristopa k zaščiti v vlažnem okolju sta dva. Les lahko prepojimo z biocidnimi pripravki. Zaradi okoljske ozaveščenosti in negativnega vpliva na zdravje, se biocidom v bivanjskem okolju čim bolj izogibamo. Drugi pristop temelji na nebiocidni zaščiti. V teh pogojih želimo, da bi les ostal čim bolj suh in s tem želimo les obvarovati pred glivnim razkrojem in mu s tem povečati življenjsko dobo. Ena od možnih oblik zaščite je tako impregnacija lesa s hidrofobnimi pripravki. V okviru te naloge želimo preizkusiti, kako učinkovito različni hidrofobn pripravki preprečujejo navlaževanje lesa.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V diplomski nalogi bomo preučili, kako različni hidrofobn pripravki preprečujejo dolgotrajno navlaževanje lesa.

1.2 CILJI NALOGE

Določiti vodoodbojne lastnosti lesa, impregniranega z različnimi hidrofobnimi pripravki.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Pričakujemo, da bodo izbrani hidrofobn pripravki upočasnili navlaževanje impregniranega lesa. Pripravki na osnovi olj bodo pri tem bolj učinkoviti kot vodne emulzije voskov in silikonov.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 LES

Les je biološki material. Je tkivo, sestavljeno iz različnih celic. Nastaja v lesnih rastlinah, drevesih in grmih. Opravlja prevajane vode, mehansko funkcijo, ter prevajanje in skladiščenje hrane. Večina celic v lesu je mrtvih, z izjemo parenhimskih celic v beljavi. Prevajanje vode in mehansko funkcijo opravljajo mrtve celice, prevajanje in skladiščenje hrane pa žive celice.

Les je količinsko in tudi sicer že od nekdaj ena najpomembnejših surovin. Njegova poraba tudi danes nenehno narašča, v razvitih deželah predvsem na račun velike porabe papirja. Les nastaja ob blagodejnem učinku na okolje. Gozdovi predstavljajo najpomembnejši vir lesa kot surovine. Ker je njihov prirastni potencial omejen in ker se površine gozdov v nekaterih predelih stalno zmanjšujejo, bo v prihodnje oskrba z lesom v veliki meri odvisna od plantaž.

Botanično je les sekundarni ksilem, ki ga kambij v procesu sekundarne (debelitvene) rasti proizvaja navznoter, t.j. v smeri stržena. Tehnično ga je mogoče definirati kot trdo vlakneno snov pod skorjo debel in vej dreves in grmov.

Zaradi več funkcij, ki jih les opravlja v živih rastlinah, je njegova zgradba zelo pestra. Sestavljajo ga različna tkiva in celice, kot so: osnovno vlakneno tkivo iz raznih tipov vlaken, trahejni členi, aksialni in trakovni parenhim itd. Kemično ga sestavljajo celuloza, hemiceluloza, lignin, ekstraktivne snovi in neorganske mineralne snovi, ki jih skupaj označujemo kot pepel.

Les je nehomogen, ker ga sestavlja več različnih specializiranih tkiv, nehomogenost pa povečujejo še razlike med ranim in kasnim lesom, beljavo in jedrovino ter pojav reakcijskega lesa in najrazličnejših anomalij kot so na primer grče. Nehomogenost, anizotropija, biološka razgradljivost in visoka variabilnost otežujejo njegovo predelavo in obdelavo in zmanjšuje njegovo uporabnost.

Bistvene prednosti lesa kot materiala so njegova obnovljivost, razširjenost, vsestranska uporabnost, visoka trdnost glede na gostoto, relativna enostavnost in čistost pridobivanja, predelave in obdelave. V splošnem je za predelavo lesa značilna majhna poraba energije (Čufar, 2006).

2.2 LES SMREKE

Smrekovina ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Les je večinoma rumenkastobel, v starosti tudi rumenkastorjav. Les vsebuje smolne kanale. Pogost je pojav tudi smolnih žepov, ki predstavljajo napako v lesu. Poskobljane površine imajo svilnat lesk.

Srednja gostota absolutno suhega lesa je 430 kg/m^3 , krčenje je zmerno. Je elastična in trdna, suši se brez težav, lahko se cepi in lepo se lušči. Les je malo nagnjen k zvijanju in pokanju in se z lahkoto obdeluje z ročnimi orodji ali strojno. Brez težav se površinsko obdeluje z najpomembnejšimi komercialnimi premaznimi sistemi. Lepi se dobro, dobro se tudi žeblija in vijači.

Zaradi nizke vsebnosti ekstraktivov je les kemično komajda dejaven. Ob stiku z vodo, kislinami, bazami, alkoholom, maščobami, olji, bakrom ali medenino ne pride do obarvanja. Železo ob stiku s smrekovino ne korodira, vendar se le sivkasto obarva. Nezaščiten les je zmerno odporen proti atmosferilijam in neodporen proti insektom in glivam. Pri uporabi na prostem mora biti smrekovina pravilno vgrajena in zaščiten oz. površinsko obdelana. V primerjavi z borovino se bistveno slabše impregnira. Beljava svežega lesa se lahko v kotlih pod pritiskom zadovoljivo impregnira z vodotopnimi, suha beljava pa z oljnimi sredstvi, zato je mogoče tudi ob neugodnih pogojih doseči večjo trajnost.

Uporaba smrekovine je zelo raznovrstna in množična. Njena glavna prednost je, da ima ravna polnolesna debla, les ima ob razmeroma nizki gostoti razmeroma visoko trdnost ter je na razpolago v zadostnih količinah. Poseben pomen ima kot gradben les za visoke in nizke gradnje, ter za notranjo opremo (Čufar, 2006).

2.3 DEJAVNIKI RAZKROJA

2.3.1 Biotski in abiotski dejavniki

Les ogrožajo različni biotski (živa narava) in abiotski (neživa narava) dejavniki razkroja. Vsi ti dejavniki imajo v naravi na splošno pozitivno vlogo za človeka. Za človeka pa ta sicer koristen razkroj les poteka večkrat prehitro, zato ga poskuša upočasniti z različnimi ukrepi. Najpomembnejši biotski dejavniki razkroja so glive, insekti in bakterije. Glive še posebej pogosto razkrajajo les na prostem (Grof, 2009).

Delitev dejavnikov razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990; Jecl, 2005; Grof, 2009):

- Abiotični so dejavniki nežive narave (visoke in nizke temperature, veter, voda, vlaga, UV- žarki, kemikalije, plini), ki 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) prištevamo bakterije, glive, insekte, morske škodljivce in človeka; med najpomembnejše biotične škodljivce v našem podnebnem pasu uvrščamo glive. Navadno je delovanje gliv bistveno hitreje kot delovanje insektov. Razkroj lesa z lesnimi škodljivci je zapleten biološki proces in za učinkovito zaščito je nujno potrebno poznavanje posameznih lesnih škodljivcev, biokemijskih procesov razkroja in sprememb, ki pri tem nastajajo.

2.3.2 Glive razkrojevalke

Glive razkrojevalke povzročajo v lesu številne kemične in fizikalne spremembe, zaradi česar les izgublja naravne lastnosti. Te spremembe se najprej kažejo v spremembi barve lesa, v končni fazi pa ta pojav vodi do degradacije, ki jo imenujemo trohnoba. Hitrost in intenzivnost razkroja sta odvisna predvsem od pogojev, vrste gliv in vrste lesa (Kervina-Hamović, 1990; Grof, 2009).

Glive so sestavljene iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela. Prehranjevalni del sestavljajo neorganiziran splet nitk ali hif, ki tvori micelij ali podgobje. Celice hif izločajo encime, s katerimi glive razkrajajo les, nato pa posrkajo vase produkte, ki jih potrebujejo za rast in razmnoževanje. Skozi podgobje glive črpajo hrano in vodo ter se širijo na neokužen les. Na rast in razvoj gliv vplivajo vlaga, temperatura, svetloba, hrana, zrak, in vrednost pH (Grof, 2009)

Glive razvrščamo v pet razredov, za lesarje pa so pomembni predvsem naslednji trije (Kervina-Hamović, 1990; Gorše, 2005; Grof, 2009):

- Ascomycota (zaprtotrosnice)
- Basidiomycota (prostotrosnice)
- Deuteromycota ali Fungi imperfecti (nepopolne glive)

Okužba lesa z glivami se najprej pokaže v spremembi naravne barve lesa. Na osnovi določenih karakterističnih poškodb lesa lahko določimo skupine gliv, ki te spremembe povzročajo. Delimo jih na:

- glive povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe
- glive povzročiteljice bele ali korozivne trohnobe in piravosti
- glive mehke trohnobe
- modrivke
- glive plesni, povzročiteljice površinskih sprememb barve

2.3.3 Pogoji za rast lesnih gliv

Pri razkroju lesa z glivami so zelo pomembni nekateri fizikalni in kemijski dejavniki, kot so hrana, vlaga, temperatura, zrak, svetloba in pH. Če kateri izmed dejavnikov ni ustrezen, začne gliva hirati in kmalu zatem lahko tudi odmre (Pečenko, 1987; Grof, 2009).

Lesne glive se, z izjemo sive hišne gobe in nekaterih drugih predstavnic suhe trohnobe, ne morejo razviti v zračno suhem lesu, po drugi strani pa tudi visoka vlažnost preprečuje ali pa popolnoma onemogoči razvoj večine lesnih gliv. Les mora vsebovati več kot 20 % vode, da ga glive lahko razkrajajo. V kolikor je vlažnost nižja od omenjene vrednosti, pride do pojava plazmolize (prehajanja vode iz hif v les), kar povzroči odmiranje gliv. Razvoj gliv preprečuje tudi visoka vlažnost, saj je z vodo prepojen les zaščiten pred večino lesnih gliv (Walker in sod., 1993; Grof, 2009).

Siva hišna goba (*S. lacrymans*) si je z razkrojem lesa sama sposobna ustvariti vlago, zato lahko razkraja tudi les z manj kot 20% vlažnostjo.

Glive se razvijajo, če je vlažnost lesa v območju med 20 % in 170 % glede na težo suhega lesa. Optimalna lesna vlažnost za razvoj gliv je med 30 % in 60 % (Grof, 2009) (Preglednica 1).

Preglednica 1: Minimalna, maksimalna in optimalna vlažnost lesa, ki ustreza izbranim predstavnicam gliv razkrojevalk lesa (prirejeno po Schmidt, 2006)

Lesna gliva	Lesna vlažnost v (%)		
	Minimalna	Optimalna	Maksimalna
<i>Antrodia spp.</i>	30	35 - 55	60 - 90
<i>Coniophora puteana</i>	26 - 30	30 - 70	60 - 80
<i>Daedalea quercina</i>		40	
<i>Gloeophyllum spp.</i>	30	40 - 60	80 - 210
<i>Heterobasidion annosum</i>		45	
<i>Lentinus lepideus</i>		30 - 60	
<i>Phlebiopsis gigantea</i>		100 - 130	
<i>Serpula lacrymans</i>	26	30 - 60	55 - 225

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Vzorci

Za izdelavo vzorcev smo uporabili smrekovino (*Picea abies*). Iz desk smo izžagali vzorce dimenzij 150 mm × 70 mm × 20 mm. Za vsako hidrofolno sredstvo, ki smo ga uporabili, smo pripravili po 10 vzorcev. Po pet vzorcev smo impregnirali, ostalih pet pa nam je služilo za kontrolo.

3.1.2 Hidrofolna sredstva

V gradbeništvu, lesarstvu in v sorodnih panogah se uporabljajo različni hidrofolni pripravki. Njihova glavna naloga je preprečiti navlaževanje lesa, oziroma ga čim bolj upočasniti (Korošec, 2010). V okviru tega diplomskega projekta smo uporabili vodoodbojne pripravke, ki so podrobneje predstavljeni v naslednjih podpoglavjih.

3.1.2.1 Polietilenski vosek (We1) in oksidirani polietilenski vosek (We6)

Polietilenski in oksidirani polietilenski vosek sta sintetična voska. Sintetični voski so cenejši in imajo v primerjavi z naravnimi boljšo uporabnost in konstantno kakovost. Zaradi naštetih lastnosti sintetični voski velikokrat zamenjujejo naravne, na primer karnauba in montanski vosek. Voskom med sintezo enostavno prilagodijo lastnosti glede na njihov namen uporabe. Lastnosti sintetičnih voskov določa masa polimera, ki je odvisna od dolžine. Sintetični voski so brezbarvni, od bele do prozorne barve in tvorijo čisto talino. Sintetični vosek je možno pridobivati tudi iz obnovljivih virov (Lesar in sod., 2009a).

3.1.2.2 Silikonska emulzija

Silikonska emulzija je brezbarvna tekočina z nizko viskoznostjo. Ima nizko molekulsko maso, kar omogoča globoko prodiranje v material. Silikonska emulzija ni vnetljiva, je stabilna in jo je mogoče redčiti z vodo in je okolju prijazna. Njena gostota je med 1 g/cm³ in 1,04 g/cm³. Na površini ne povzroča barvnih sprememb, omogoča pa sušenje lesa (Korošec, 2010).

3.1.2.3 Tungovo olje

Tungovo olje je naravno olje rastlinskega izvora, ki se nahaja v plodovih drevesa tungovca (*Fordii aleurites* Hemsl.) (Korošec, 2010). Tungovo olje spada med sušeča olja. Čisto tungovo olje je lahko svetle ali temne barve, odvisno od postopka pridobivanja. Kadar tungovo olje rahlo stiskajo v lesenih stiskalnicah, dobimo olje svetle barve, če pa uporabijo vroče stiskanje, pa je tungovo olje temno (Gettens in Stout, 1966; Korošec, 2010). V primer površinskih nanosov po utrjevanju tvori zamrežen površinski premaz. Zagotavlja trd, a žilav in fleksibilen premaz, ki slabo prepušča vodo, utrjena plast olja je odlično odporna proti obrabi (Gettens in Stout, 1966; McElroy, 1987; Korošec, 2010). Dobra je odpornost proti alkoholu, acetonu, ter proti alkalijam, prav tako tudi proti prahu in umazaniji (Guidice, 2001; McElroy, 1987; Korošec, 2010). Ker je tungovo olje zelo fleksibilno, dobro prenaša raztezanje in krčenje lesa zaradi temperaturnih in vlažnostnih sprememb, ki jim je izpostavljen lesen izdelek. Tungovo olje je odlična zaščita za les na prostem (Budija, 2008).

3.1.2.4 Rustikal olje

Rustikal olje je izdelano na osnovi naravnih, rastlinskih obnovljivih surovin. Ne vsebuje biocidov, zato ga lahko uporabljamo tudi v bivalnih prostorih (Samson Kamnik, 2011). Rustikal olje je sestavljeno iz lanenega olja, ekstraktov kolofonije, palminega voska, olja citrusov, sikativov in sljude (Korošec, 2010).

3.1.2.5 Laneno olje

Laneno olje je najstarejše in najbolj poznano olje za površinsko obdelavo lesa in spada med sušeča olja, kar pomeni, da se suši zaradi reakcije s kisikom iz zraka. Proces utrjevanja pri lanenem olju je kemičen. Sušenje lanenega olja je zelo počasno, odvisno od temperature. Poleti se suši približno 4 dni, pozimi pa 6 dni. Laneno olje pridobivajo s stiskanjem ali ekstrakcijo zelenih semen lanu (Bolta, 2007; Korošec, 2010). Laneno olje je tekoče in je transparentno rumenkaste barve. Njegova gostota pri 20 °C je med 0,94 g/m³ in 0,95 g/m³. Laneno olje se ne meša z vodo. Ni nevarno za človeka in okolje (Korošec, 2010).

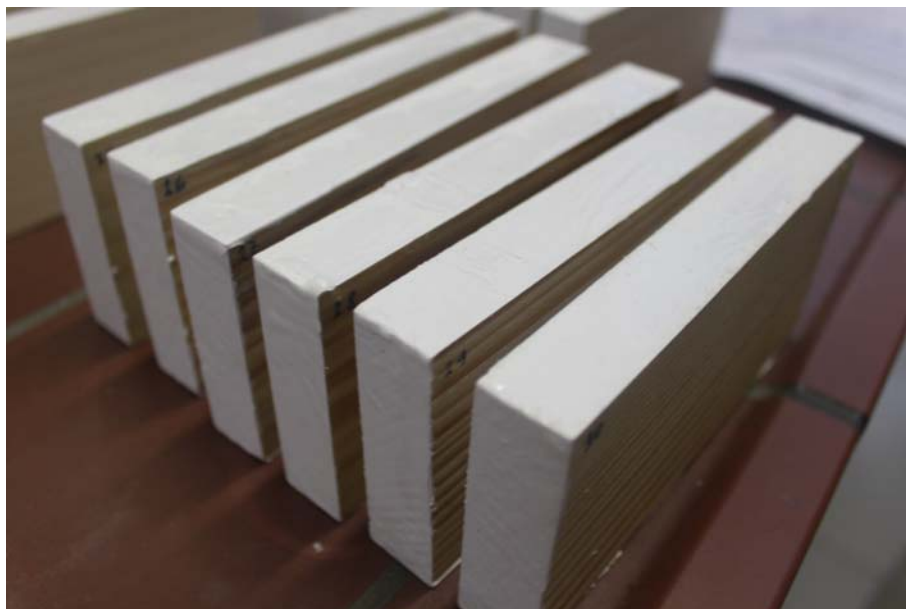
3.1.2.6 Montanski vosek (LGE)

Montanski vosek je dobro obstojen in na površini tvori tanek film. Kot drugi voski je skoraj nestrupen za sesalce in se uporablja v različne namene. Montanski vosek je fosiliziran rastlinski vosek, ekstrahiran iz lignina oziroma premoga. Sestavljen je iz estrov višjih karboksilnih kislin z višjimi alkoholi in prostih višjih kislin. Druge sestavine kot so prosti alkoholi voskov ali ketoni, parafini in terpeni, so prisotni le v manjših količinah. Montanski vosek je izjemno trd, svetle barve, zelo dobro se polira, ter je izjemno odporen na oksidacijo (Matthies, 2001; Lesar in sod., 2009).

3.2 METODE

3.2.1 Priprava vzorcev

Iz predhodno pripravljenih desk smo nažagali iz vsake deske po dva vzorca. Prvi vzorec smo impregnirali z izbranim pripravkom, drugi pa je ostal neimpregniran in je služil za kontrolo. Vse vzorce smo dvakrat premazali z epoksidnim premazom Epolor (Color). Premazali smo vse površine, razen ene velike (150 mm × 70 mm), na katero smo kasneje z impregnacijo nanесли hidrofbne pripravke (slika 1).



Slika 1: Vzorci, premazani z epoksidnim premazom Epolor (Color).

3.2.2 Oštevilčenje vzorcev

Vzorci smo oštevilčili. Vzorce, ki smo jih pozneje impregnirali s hidrofobnimi pripravki s številkami od 1- 45, tiste, ki so nam služili za kontrolo, pa s številkami od 101-145.

3.2.3 Impregnacija vzorcev

Pred impregnacijo smo vzorce 24 ur sušili pri 103 °C in jim nato določili maso v suhem stanju. Impregnacijo vzorcev z različnimi hidrofobnimi sredstvi smo izvedli v laboratorijski vakuumski komori Kambič (slika 2). Po pet vzorcev skupaj smo zložili v plastično posodo in jih nato prelili z izbranim pripravkom. Posamezne vzorce smo med seboj ločili z mrežicami. Vzorce smo obtežili tako, da so bili ves čas popolnoma potopljene v pripravku. Potek impregnacije je sestavljalo več stopenj:

- 30 min vakuum pri podtlaku 70 mbar
- 90 min pri nadtlaku 8 bar
- 5 min vakuum pri podtlaku 100 mbar



Slika 2: Laboratorijska vakuumsko tlačna komora Kambič.

Po impregnaciji smo vzorce ponovno tehtali in z gravimetrično metodo določili mokri navzem posameznega pripravka.



Slika 3: Laboratorijska tehtnica Exacta.

Nato smo vzorce v laboratorijskih pogojih sušili 1 teden, in jih ponovno tehtali. Del vzorcev, ki so bili impregnirani s sintetičnimi voski, smo za dve uri segreli nad temperaturo tališča polietilenskih voskov (145 °C). Vzporedno z impregniranimi vzorci smo segrevali tudi kontrolne vzorce.

3.2.4 Določanje hidrofobnosti

Impregnirane in kontrolne vzorce smo zložili v posode, napolnjene z vodo, tako da je bila stran, ki je bila zaščitena z hidrofobnim sredstvom ves čas potopljena (slika 4). V iste posode pa smo potopili tudi kontrolne vzorce.



Slika 4: Vzorci potopljeni v posodi z vodo.

Spremembo mase vzorcev smo določili 1, 2, 3, 4 in 7 dan po potopu. Rezultate smo nato statistično obdelali v programu MS Excel.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 MOKRI NAVZEM HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV

Mokri navzem je podatek, ki nam pove, kako zaščitni (ali kakšni drugi) pripravki prodrejo v les med postopkom impregnacije. Ker smo pri naših vzorcih impregnirali le eno stran vzorcev, podatke izražamo v kg/m^2 . Podatki o mokrem navzemu so prikazani v preglednici 2. Najbolj je v les prodrla silikonska emulzija ($12,65 \text{ kg/m}^2$), najslabše pa gosto Rustikal olje ($2,99 \text{ kg/m}^2$).

Preglednica 2: Mokri navzem hidrofobnih pripravkov.

Testirani hidrofobnii pripravki	Mokri navzem (kg/m^2)
Rustikal olje	2,99
Tungovo olje	4,05
Laneno olje	5,46
We1 50	5,66
We6 50	5,78
We1 50 seg.	6,35
We6 50 seg.	7,82
LGE 100	9,01
Silikonska emulzija	12,65

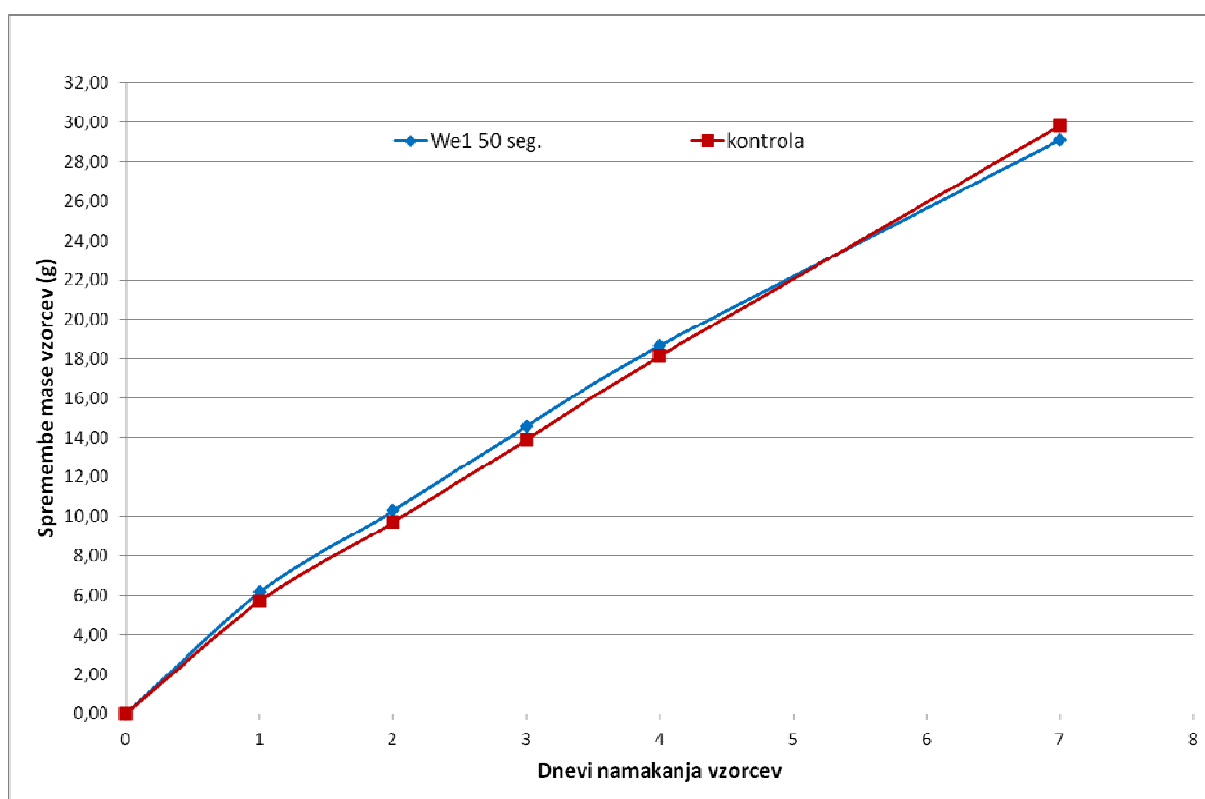
4.2 UČINKOVITOST IZBRANIH HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV

4.2.1 Učinkovitost polietilenske emulzije We1 50 (seg.) proti navlaževanju smrekovine

Podati o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki smo jih impregnirali s polietilensko emulzijo We1 50, so prikazani v preglednici 3 in na sliki 5. Vzorce smo segreli na 145°C . S tem so presegli tališče voska in na površini se je ustvarila plast, ki naj ne bi prepuščala vode. Žal so naši rezultati pokazali nasprotno. Vzorci, ki so bili impregnirani s polietilensko emulzijo in bili segrevani, so se navlaževali primerljivo kot kontrolni vzorci. Sedmi dan pa je bila masa kontrolnih vzorcev le nekoliko večja kot masa impregniranih vzorcev. Kontrolni vzorci so vpili $29,82 \text{ g}$ vode, impregnirani pa $29,12 \text{ g}$ (preglednica 3). Ta podatek jasno kaže na hidrofoбно neučinkovitost testirane emulzije, kljub temu, da je bila segreta nad tališče voska.

Preglednica 3: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145 °C.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
We1 50 seg.	0,00	6,17	10,30	14,58	18,67	29,12
Kontrola	0,00	5,71	9,71	13,89	18,13	29,82



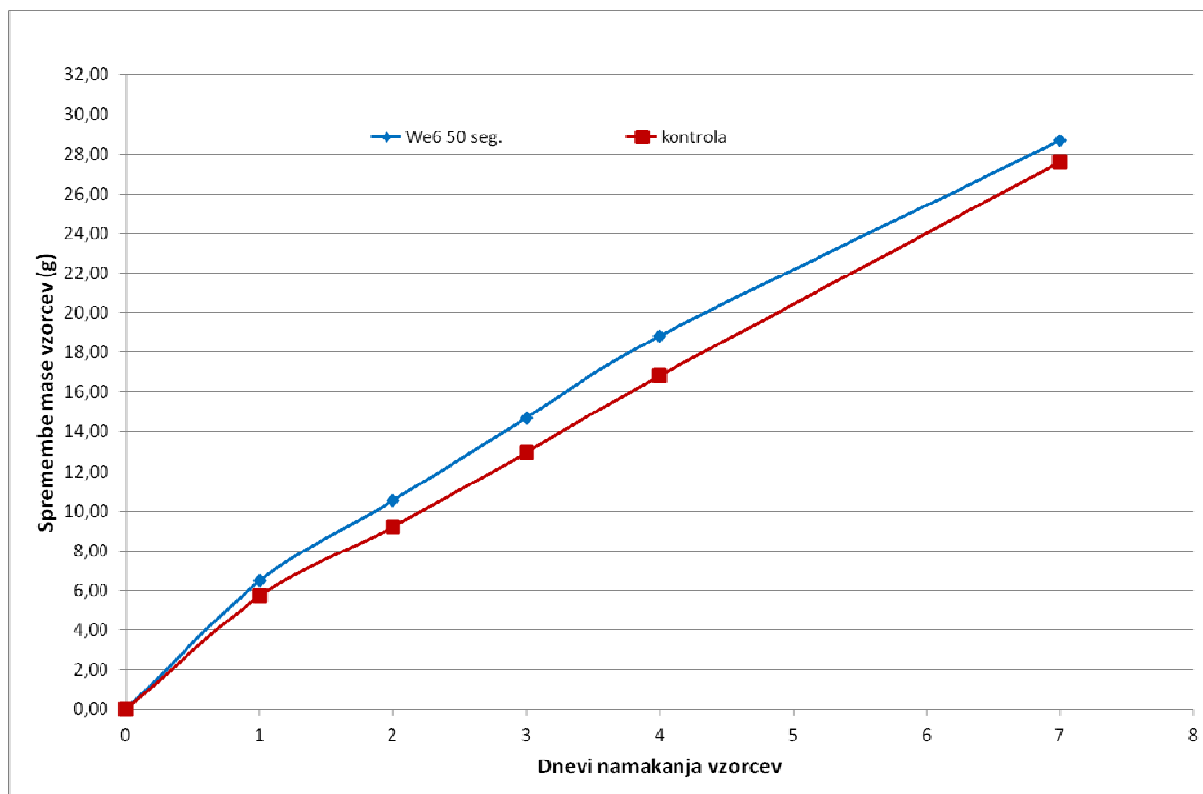
Slika 5: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145 °C.

4.2.2 Učinkovitost oksidirane polietilenske emulzije We6 (seg.) proti navlaževanju smrekovine

Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki smo jih impregnirali z oksidirano polietilensko emulzijo We6 50, so prikazani v preglednici 4 in na sliki 6. Vzorce smo segreli na 145 °C. S tem smo presegli tališče voska in na površini se je ustvarila plast, ki naj ne bi prepuščala vode podobno, kot pri vzorcih, impregniranih z emulzijo WE1 50. Ti dve vodni emulziji sta si relativno sorodni, zato nas ni presenetilo, da tudi emulzija We6 50 ni preprečila navlaževanja vzorcev. Nasprotno vzorci, ki so bili impregnirani z oksidirano polietilensko emulzijo, so se navlaževali celo hitreje kot kontrolni vzorci. Sedmi dan je bila masa impregniranih vzorcev večja od mase kontrolnih vzorcev. Impregnirani vzorci so vpili 28,67 g vode, kontrolni pa 27,60 g (preglednica 4). Ta podatek nam jasno kaže hidrofbno neučinkovitost emulzije, kljub temu, da je bila segreta nad tališče voska. O podobnih podatkih poroča Lesar in sod. (2011). Na površini so se po vsej verjetnosti pojavile mikro razpoke, ki so delovale kot kapilare ni na ta način pospešile vpijanje vode.

Preglednica 4: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145°C.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
We6 50 seg.	0,00	6,50	10,54	14,70	18,83	28,67
Kontrola	0,00	5,74	9,22	12,96	16,82	27,60



Slika 6: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja. Les smo po impregnaciji segreli na 145°C.

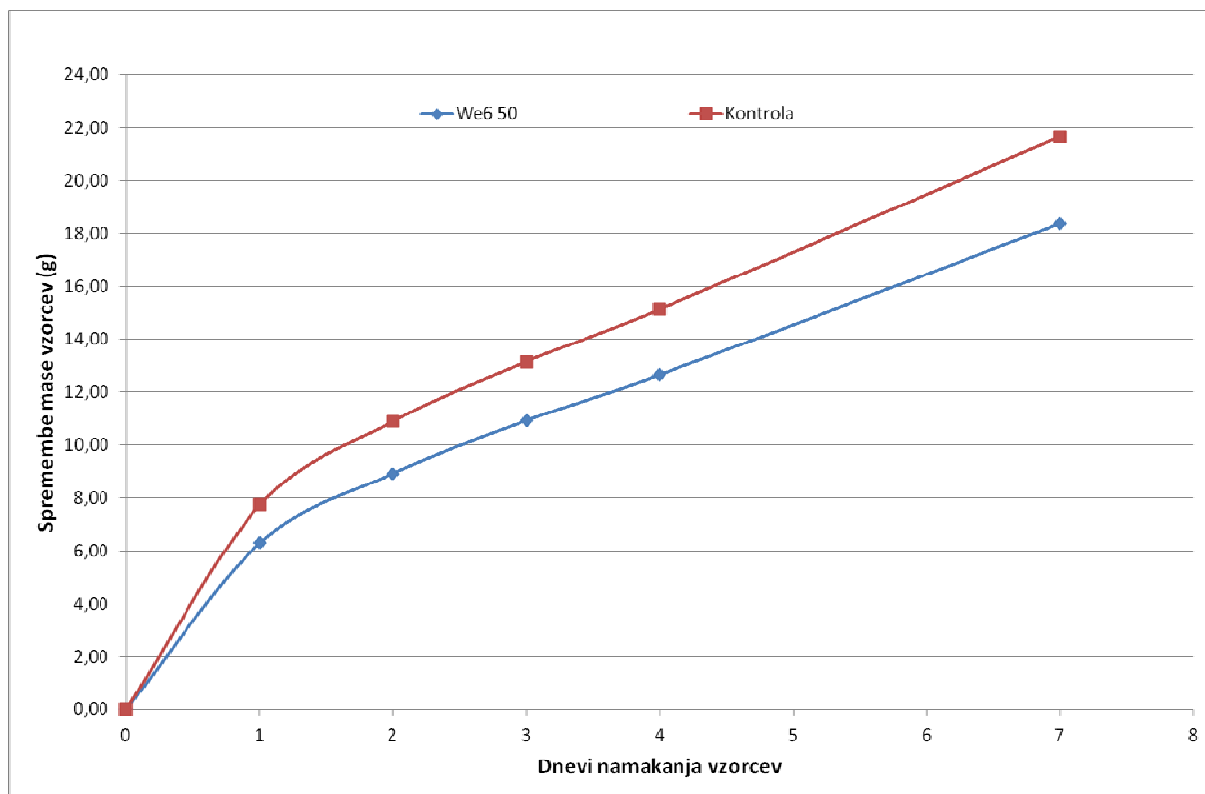
V kolikor primerjamo navzem vode v kontrolne vzorce, ki smo jih segrevali (preglednica 3 in 4) in tiste, ki niso bili segreti (preglednica 5 in 6) je zaznati, da je masa vpite vode v segrevane vzorce večja, kot v primerljive kontrolne vzorce, ki niso bili segrevani. Pričakovali bi ravno obratno, saj je znano, da je les, ki ga segrevamo nad 65 °C, manj higroskopen. Verjeten razlog za povečanje vpijanja vode je dejstvo, da je med segrevanjem epoksidni premaz delno razpokal in tako so se odprle nove razpoke, ki so omogočile neovirano prodiranje vode v les. Tako je potrebno podatke o vplivu segrevanja lesa, impregniranega s polietilensko emulzijo ali oksidirano polietilensko emulzijo voska, obravnavati z zadržki, saj ne odražajo dejanskega vpliva voska, temveč so odraz nastalih razpok v epoksidnem premazu.

4.2.3 Učinkovitost oksidirane polietilenske emulzije We6 50 proti navlaževanju smrekovine

Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani z oksidirano polietilensko emulzijo, so prikazani v preglednici 5 in na sliki 7. Vzorci, ki so bili impregnirani z emulzijo, so se med celotnim testiranjem navlaževali počasneje kot kontrolni vzorci. Impregnirani vzorci so po sedmih dneh namakanja vpili 18,36 g vode, kontrolni pa kar 21,65 g (preglednica 5). Ta podatek nam kaže na hidrofobnost učinkovitost emulzije proti navlaževanju. Zanimivo je, da so v nasprotju s pričakovanji nesežrevani vzorci vpili maj vode, od sežrevanih vzorcev. To dodatno potrjuje, da je vzrok za intenzivnejše navlaževanje sežrevanih vzorcev razpokan epoksidni premaz.

Preglednica 5: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
We6 50	0,00	6,30	8,93	10,92	12,65	18,36
Kontrola	0,00	7,74	10,89	13,15	15,13	21,65



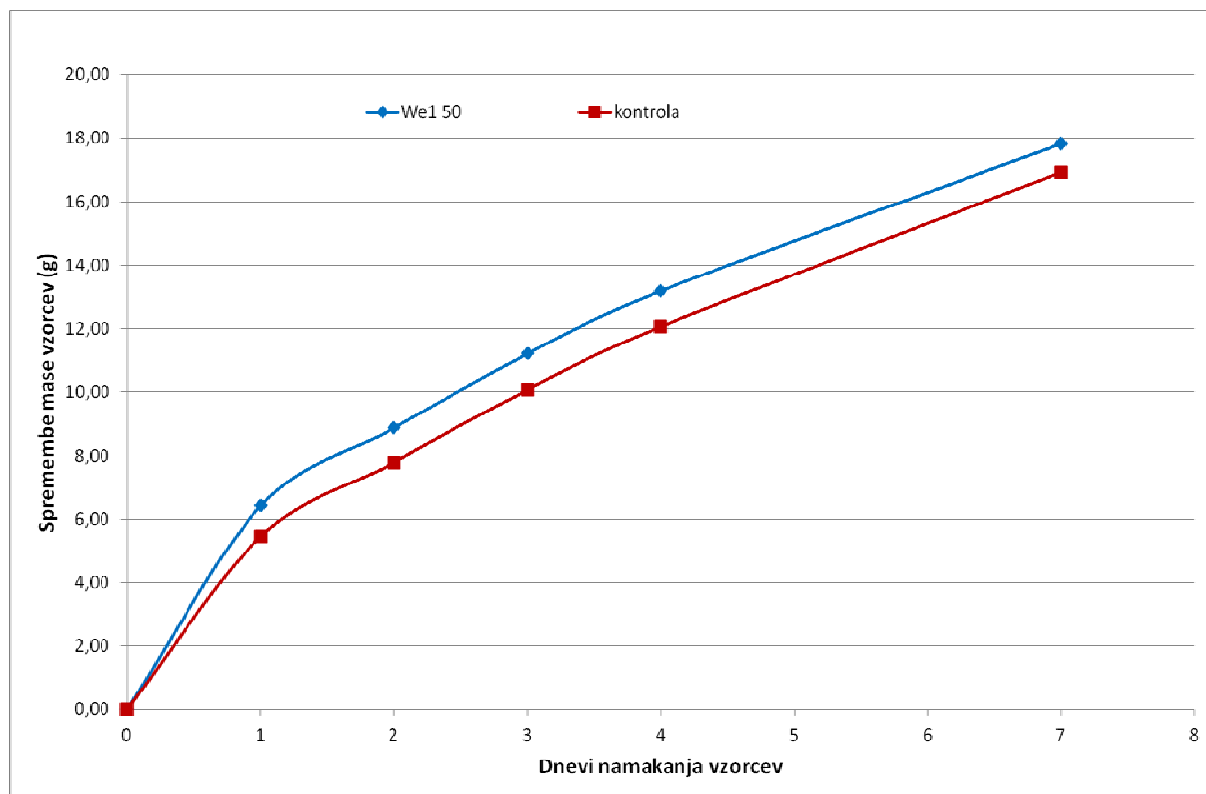
Slika 7: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z oksidirano polietilensko emulzijo (We6 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.4 Učinkovitost polietilenske emulzije We1 50 proti navlaževanju smrekovine

Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani s polietilensko emulzijo, so prikazani v preglednici 6 in na sliki 8. Za razliko od sorodne oksidirane polietilenske emulzije We6 50, so se vzorci, impregnirani z emulzijo We1 50 navlaževali hitreje kot kontrolni vzorci. Razlike med impregniranimi in kontrolnimi vzorci so bile majhne. Impregnirani vzorci so vpili 17,83 g vode, kontrolni pa 16,92 g (preglednica 6). Ta podatek nam pove, da je impregnacija s polietilensko emulzijo neprimerna zaščita proti navlaževanju. Glavni vzrok za to so po vsej verjetnosti mikro razpoke, ki so nastale na impregnirani površini. Te razpoke delujejo kot kapilare, ki pospešijo navlaževanje (Lesar in sod. 2011). To domnevo bi lahko potrdili z mikroskopsko analizo površine.

Preglednica 6: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
We1 50	0,00	6,43	8,87	11,21	13,19	17,83
Kontrola	0,00	5,46	7,79	10,07	12,06	16,92



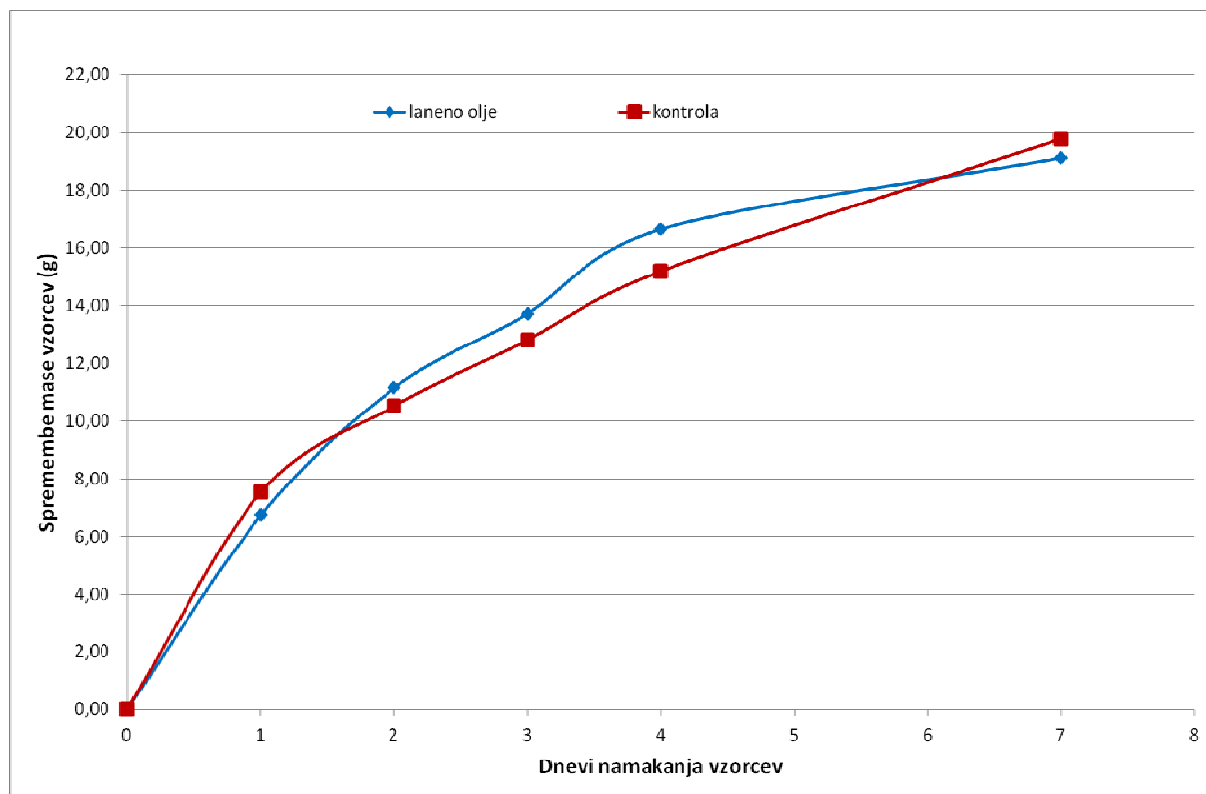
Slika 8: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s polietilensko emulzijo (We1 50) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.5 Učinkovitost lanenega olja proti navlaževanju smrekovine

Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani z lanenim oljem, so prikazani v preglednici 7 in na sliki 9. Vzorci, ki so bili impregnirani z lanenim oljem, so se prvi dan manj navlažili kot vzoredni kontrolni vzorci. Naslednje tri dni pa so se impregnirani vzorci navlaževali hitreje kot kontrolni vzorci. Sedmi dan pa je bila masa impregniranih vzorcev le nekoliko nižja od mase kontrolnih vzorcev. Impregnirani vzorci so vpili 19,12 g vode, kontrolni pa 19,78 g (preglednica 7). Kakorkoli, razlike med navlaževanjem z lanenim oljem impregniranih vzorcev so relativno neizrazite in kažejo na šibko hidrofolno delovanje lanenega olja.

Preglednica 7: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z lanenim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
Laneno olje	0,00	6,74	11,15	13,72	16,65	19,12
Kontrola	0,00	7,54	10,52	12,81	15,20	19,78



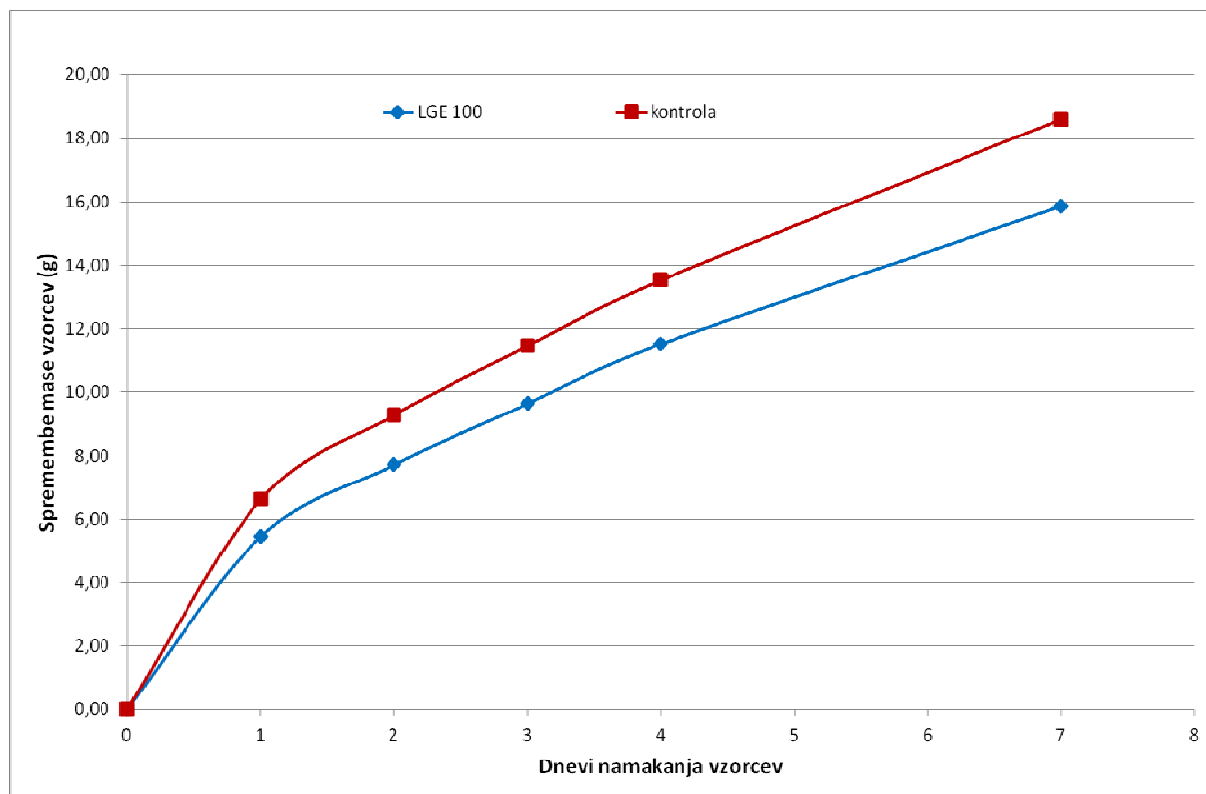
Slika 9: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z lanenim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.6 Učinkovitost montanskega voska (LGE 100) proti navlaževanju smrekovine

Za emulzijo LGE je značilno, da tvori izjemno tanke in obstojne filme na površinah. To je razvidno tudi iz podatkov o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani z montanskim voskom (preglednica 8 in slika 10). Iz teh podatkov je razvidno, da so se impregnirani vzorci navlaževali dosti počasneje kot kontrolni vzorci. Razlika je vidna že po prvem dnevu namakanja, kasneje pa razlika le še narašča. Impregnirani vzorci so vpili 15,87 g vode, kontrolni pa 18,61 g vode (preglednica 8). Podatki nakazujejo na hidrofolno delovanje montanskega voska. O podobnih učinkih emulzije LGE poročata tudi Lesar in Humar (2011).

Preglednica 8: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z montanskim voskom (LGE 100) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
LGE 100	0,00	5,46	7,72	9,64	11,52	15,87
Kontrola	0,00	6,63	9,28	11,46	13,53	18,61



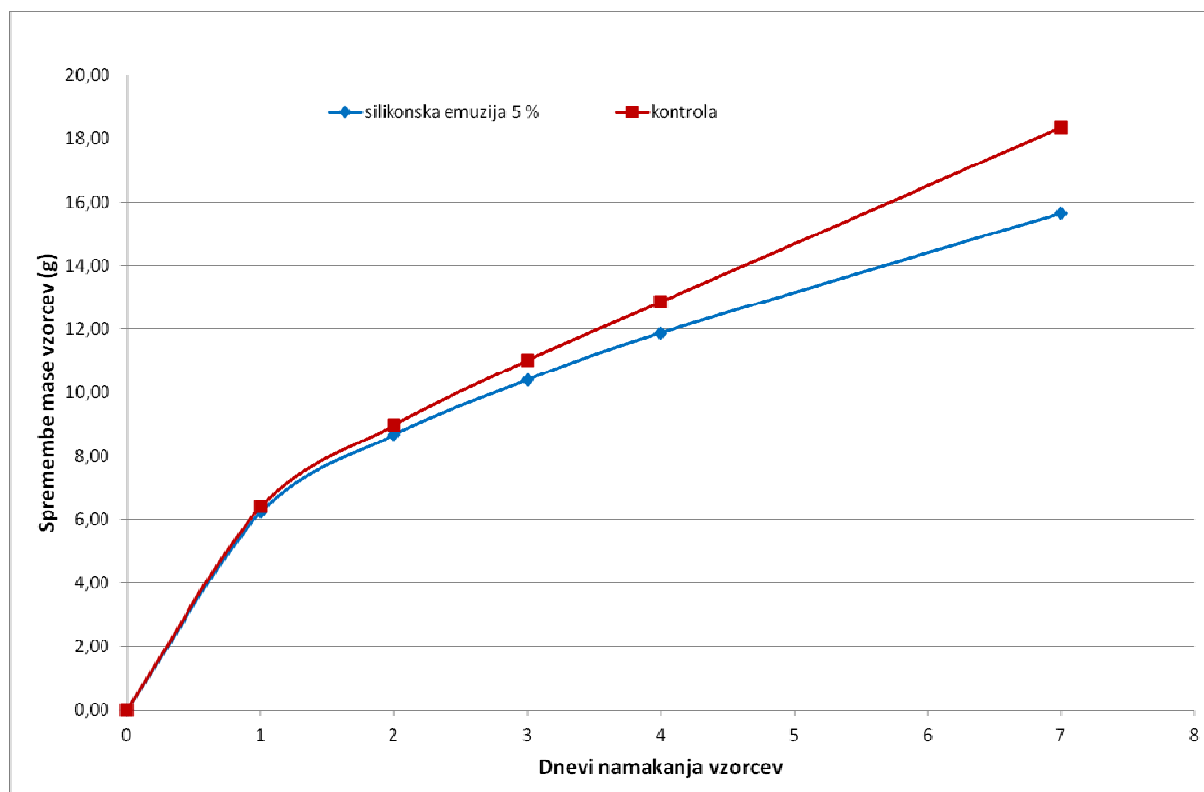
Slika 10: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z montanskim voskom (LGE 100) in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.7 Učinkovitost silikonske emulzije proti navlaževanju smrekovine

Silikonska emulzija, ki smo jo uporabili pri tej raziskavi, je bila razvita za hidrofbno zaščito betona. Žal emulzija ni tako učinkovita na lesu. Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani z silikonsko emulzijo so prikazani v preglednici 9 in na sliki 11. Razlike med impregniranimi vzorci in kontrolnimi vzorci so bile prve štiri dni majhne, sedmi dan pa se je ta razlika povečala. Impregnirani vzorci so vpili 15,65 g vode, kontrolni pa 18,35 g vode (preglednica 9). Razlogov za nedelovanje silikonske emulzije na lesu ne znamo pojasniti.

Preglednica 9: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
Silikonska emulzija	0,00	6,23	8,67	10,40	11,88	15,65
Kontrola	0,00	6,40	8,98	11,02	12,86	18,35



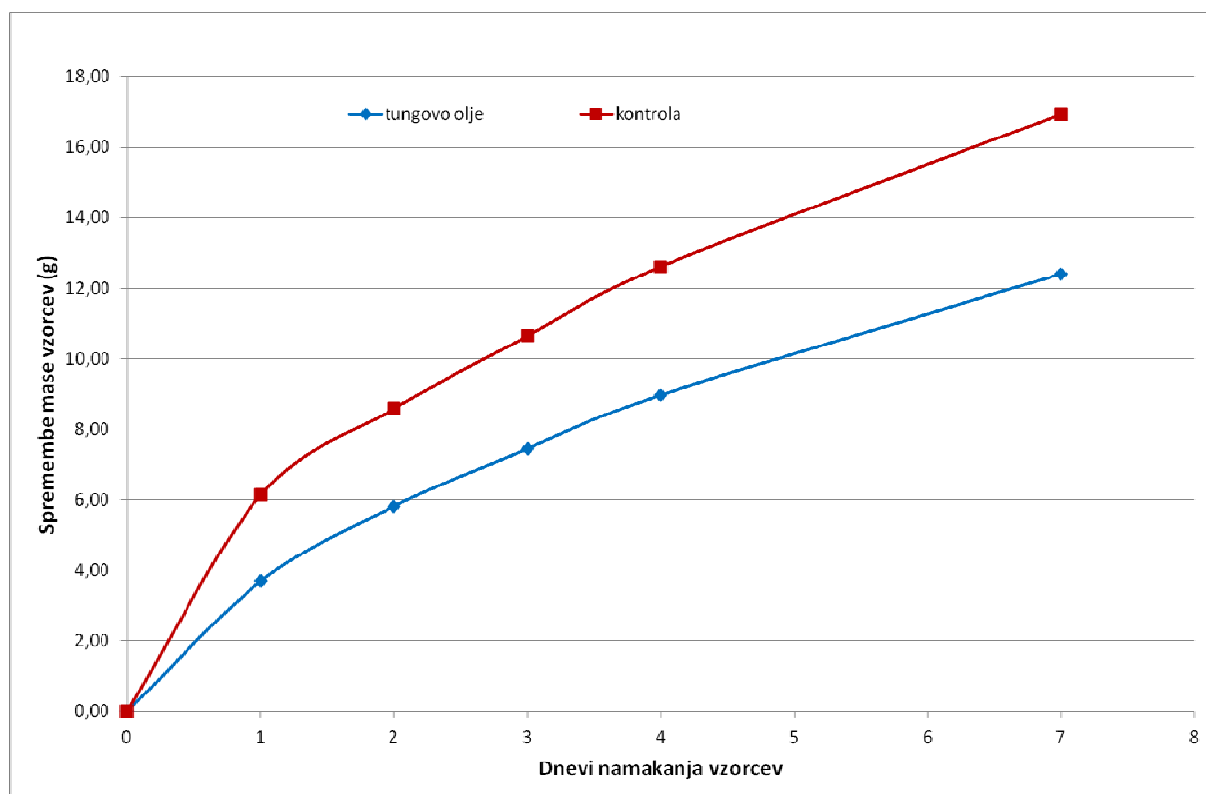
Slika 11: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.8 Učinkovitost tungovega olja proti navlaževanju smrekovine

Med vsemi testiranimi pripravki, se je tungovo olje najbolj izkazalo za zaščito lesa pred navlaževanjem. Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani s tungovim oljem, so prikazani v preglednici 10 in na sliki 12. Kontrolni vzorci so se navlaževali hitreje kot impregnirani vzorci že od prvega dne namakanja, v naslednjih dneh pa se je ta razlika samo še povečevala. Po sedmih dneh namakanja v vodi so smrekovi impregnirani vzorci vpili le 12,40 g vode, kontrolni pa 16,94 g (preglednica 10). Podatki nam kažejo, da je hidrofozna učinkovitost tungovega olja zelo dobra, kar potrjuje njegovo uporabnost za zaščito lesa pred navlaževanjem. Glede na ta, da ima tungovo olje tudi fungicidne lastnosti, lahko z enim pripravkom dosežemo dva cilja, hidrofozno in biocidno zaščito.

Preglednica 10: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih s tungovim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
Tungovo olje	0,00	3,70	5,82	7,45	8,97	12,40
Kontrola	0,00	6,15	8,59	10,65	12,62	16,94



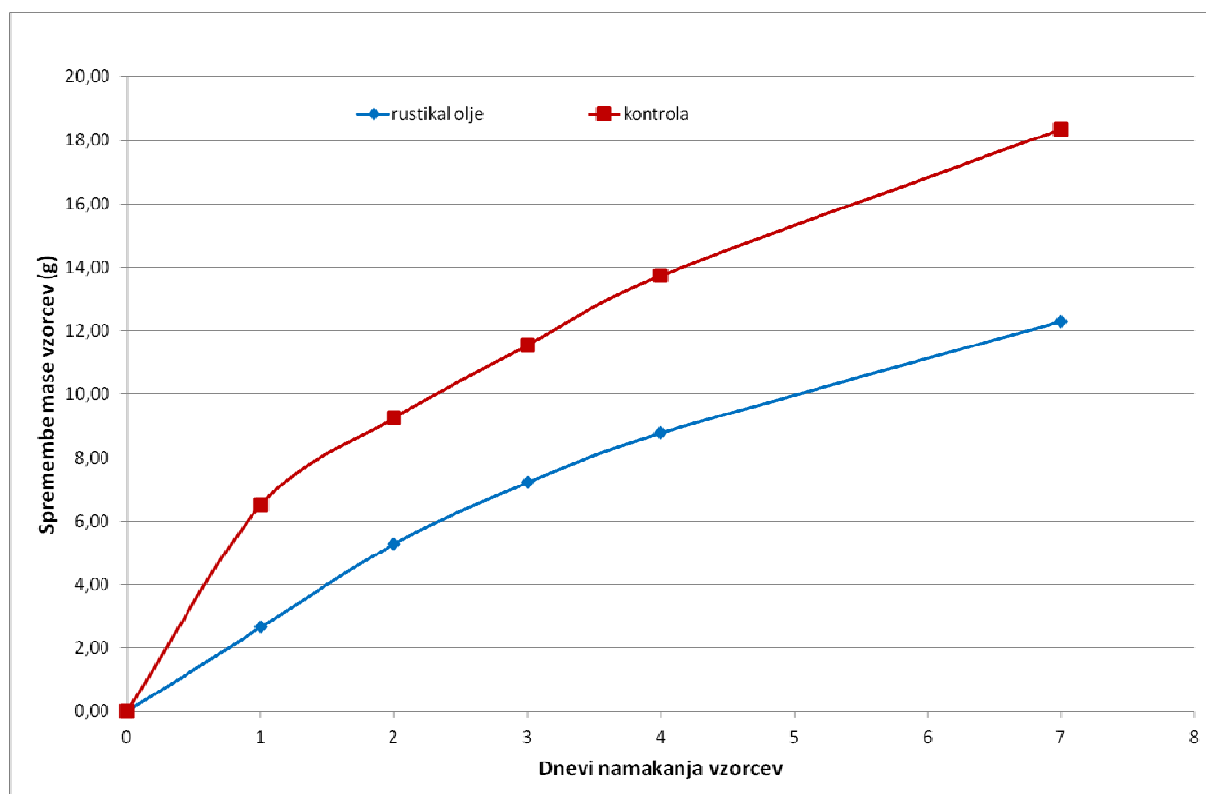
Slika 12: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih s tungovim oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.9 Učinkovitost rustikal olja proti navlaževanju smrekovine

Glede na to, da rustikal olje vsebuje tudi tungovo olje, je hidrofolno delovanje le tega primerljivo s tungovim, kar je dobro razvidno iz preglednic 10 in 11 ter slik 12 in 13. Iz teh podatkov se da lepo razbrati, da so se kontrolni vzorci navlaževali veliko hitreje kot impregnirani vzorci. Razlika med njimi je zelo očitna po prvem dnevu namakanja. To je zelo pomemben podatek tudi iz komercialnega vidika, saj je velikokrat delovanje vode kratkotrajno. Po sedmih dneh delovanja vode na vzorce, so impregnirani smrekovi vzorci vpili 12,30 g vode, kontrolni pa 18,35 g (preglednica 11). Podatki nam kažejo, da je hidrofolna učinkovitost rustikal olja odlična, zato je to olje zelo primerno za zaščito lesa pred navlaževanjem.

Preglednica 11: Povprečne spremembe mase vzorcev, impregniranih z rustikal oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa navzete vode v vzorce (g)					
Rustikal olje	0,00	2,66	5,29	7,22	8,77	12,30
Kontrola	0,00	6,51	9,25	11,54	13,73	18,35



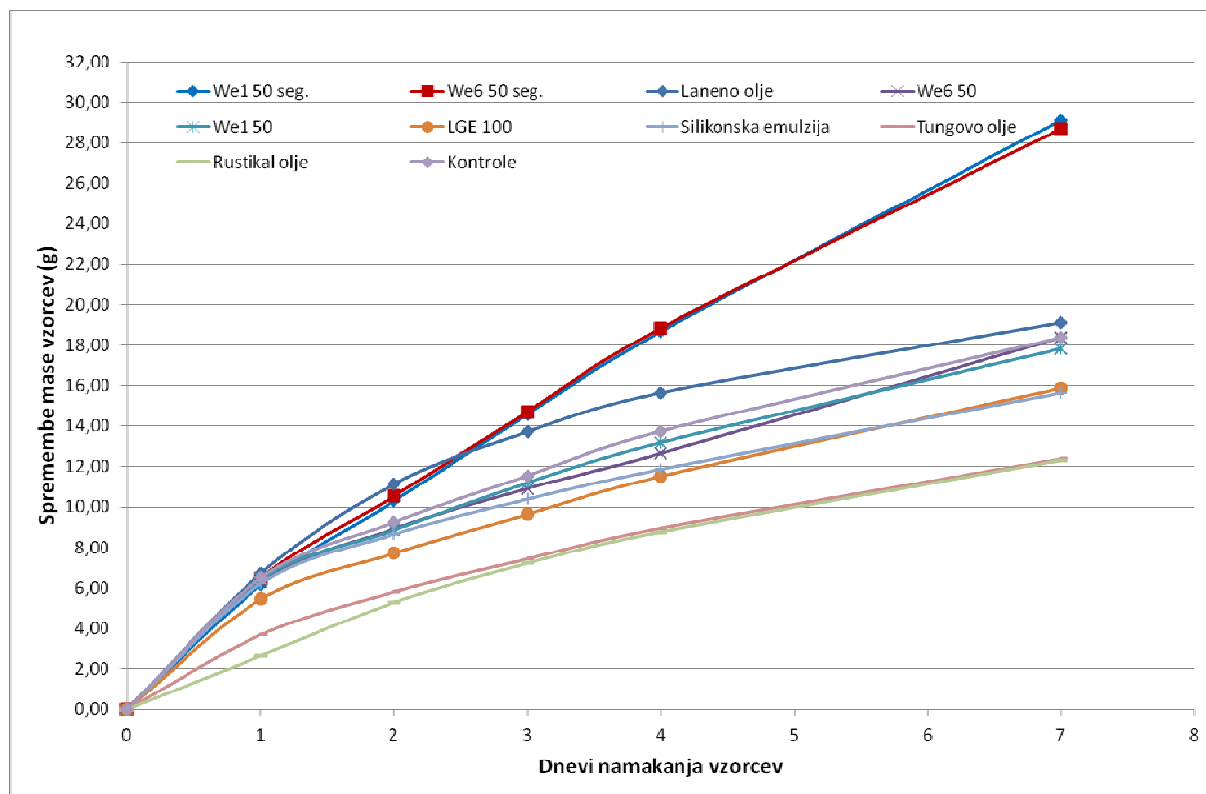
Slika 13: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z rustikal oljem in kontrolnih vzorcev v odvisnosti od časa namakanja.

4.2.10 Primerjava izbranih hidrofobnih pripravkov proti navlaževanju smrekovine

Podatki o navlaževanju smrekovih vzorcev, ki so bili impregnirani z izbranimi hidrofobnimi pripravki, so prikazani v preglednici 12 in na sliki 14. Med izbranimi hidrofobnimi pripravki so se najslabše odrezali vzorci, ki smo jih impregnirali z emulzijami polietilenskih voskov (We1 50 seg. in We6 50 seg.) in smo jih po impregniranju segreli nad tališče voska (145 °C) saj sta vpili največ vode in s tem najslabše zaščitili les pred navlaževanjem. Kakorkoli, menimo, da je eden od razlogov za nedelovanje tega sistema tudi dejstvo, da je med segrevanjem razpokal epoksidni premaz. Boljše hidrofozne rezultate smo dobili pri smrekovih vzorcih, impregniranih z lanenim oljem in pri vzorcih, ki smo jih impregnirali s polietilenskima emulzijama (We1 50 in We6 50) a ju po impregnaciji nismo segrevali. Ti materiali so se navlaževali počasneje, kot prejšnja dva pripravka in so omejeno zaščitili les pred navlaževanjem. Najbolj pa sta zaščitila les pred navlaževanjem tungovo olje in rustikal olje. Vzorci, ki so bili impregnirani s tema dvema pripravkoma, so se navlaževali najpočasneje.

Preglednica 12: Povprečne mase vzorcev, impregniranih z izbranim hidrofobnim pripravki.

Impregnacijsko sredstvo	Dnevi namakanja					
	0	1	2	3	4	7
	Povprečna masa vzorcev (g)					
We1 50 seg.	0,00	6,17	10,30	14,58	18,67	29,12
We6 50 seg.	0,00	6,50	10,54	14,70	18,83	28,67
Laneno olje	0,00	6,74	11,15	13,72	15,65	19,12
We6 50	0,00	6,30	8,93	10,92	12,65	18,36
We1 50	0,00	6,43	8,87	11,21	13,19	17,83
LGE 100	0,00	5,46	7,72	9,64	11,52	15,87
Silikonska emulzija	0,00	6,23	8,67	10,40	11,88	15,65
Tungovo olje	0,00	3,70	5,82	7,45	8,97	12,40
Rustikal olje	0,00	2,66	5,29	7,22	8,77	12,30
Kontrole	0,00	6,51	9,25	11,54	13,73	18,35



Slika 14: Grafični prikaz naraščanja povprečne mase vzorcev, impregniranih z izbranimi hidrofobnimi pripravki.

5 SKLEPI

Med testiranimi hidrofobnimi formulacijami so najslabše v les prodrli olja. In sicer rustikal olje ($2,99\text{kg/ m}^2$), tungovo olje ($4,05\text{kg/ m}^2$) in laneno olje ($5,46\text{ kg/ m}^2$). Nekoliko boljši navzem so imele emulzije (polietilenska in oksidirano polietilenska). Največji navzem smo določili pri smrekovih vzorcih, ki smo jih impregnirali z emulzijo LGE ($9,01\text{kg/ m}^2$) in silikonsko emulzijo ($12,65\text{kg/ m}^2$).

Najslabše hidrofozne lastnosti je imel smrekov les, impregniran z lanenim oljem, saj so vzorci, ki so bili impregnirani s tem oljem, po sedmih dnevih namakanja, vpili kar $19,12\text{ g}$ vode. Nekoliko boljše sta se odrezali obe emulziji (polietilenska in oksidirano polietilenska). Najboljše hidrofozne lastnosti pa je izkazal les, impregniran s tungovim in rustikal oljem.

Zaradi eksperimentalnih težav ne moremo ugotoviti, kako segrevanje vzorcev, ki so bili impregnirani s polietilenski emulzijami, vpliva na hidrofnost lesa.

6 POVZETEK

Les, kot organski material, sam po sebi ni dovolj odporen za uporabo na prostem. Zato ga je potrebno ustrezno zaščititi pred različnimi dejavniki razkroja. Ena od ponujenih rešitev je zaščita z različnimi hidrofbnimi pripravki, s katerimi les zaščitimo pred dodatnim navlaževanjem in ga s tem obvarujemo pred glivnim razkrojem. S tem mu izboljšujemo njegovo odpornost, trajnost in uporabnost.

V diplomski nalogi smo preučevali, kako učinkovito različni hidrofbni pripravki preprečujejo navlaževanje lesa. Iz smrekovine smo pridobili vzorce, ki smo jih najprej premazali z epoksidnim premazom, (vse strani razen ene velike, na katere smo potem z impregnacijo nanесли hidrofbne pripravke), da smo preprečili prodiranje vode v vzorec s površin, ki jih nismo impregnirali. Vzorce smo nato impregnirali z različnimi hidrofbnimi pripravki (tungovo olje, rustikal olje, silikonska emulzija, montanski vosek, polietilenska emulzija, laneno olje in oksidirana polietilenska emulzija). Po impregnaciji in nadaljnji obdelavi (nekateri vzorce smo tudi segrevali) smo vzorce potopili v vodo za točno določena časovna obdobja. V točno določenih časovnih intervalih smo vzorcem določevali povečanje mase in sicer z gravimetrično metodo. Na koncu smo dobljene podatke obdelali s programom MS Excel.

Nekateri hidrofbni pripravki so slabše zaščitili les pred navlaževanjem, nekateri pa boljše. Najmanj vode so vpili vzorci, ki so bili impregnirani z rustikal oljem in tungovim oljem. Ta dva pripravka sta izkazala najboljše hidrofbne lastnosti in s tem posledično tudi najbolj zaščitila les pred dodatnim navlaževanjem. Najslabše pa sta les zaščitila polietilenski in oksidirani polietilenski vosek, ki smo ju v nadaljnji obdelavi segrevali 2 uri pri 145 °C z namenom, da bi jima izboljšali hidrofbne lastnosti. Slab rezultat teh dveh pripravkov lahko razlagamo z dejstvom, da je v času segrevanja razpokal epoksidni premaz in s tem je voda lahko hitreje prodrla v les, zato rezultatov pri teh dveh sistemih ne moremo primerjati z ostalimi. Med ostalimi testiranimi emulzijami smo najslabše hidrofbne lastnosti določili pri lesu, ki smo ga impregnirali z lanenim oljem.

7 VIRI

- Bolta M. 2007. Uporaba infrardeče spektroskopije za preiskavo tradicionalnih premaznih sistemov za les. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 63 str
- Budija F. 2008. Tungovo olje. Les, 60, 4: 142-147
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Gettens R. J., Stout G. L. 1996. Painting Materilas: A Short Encyclopedia. New York, Dover. Publications: 333 str.
- Gorše M. 2005. Vpliv alkilamonijevega klorida na vezavo in učinkovitost bakrovih pripravkov. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 57 str.
- Grof T. 2009. Sorpcijske lasnosti smrekovine impregnirane z vodnimi emulzijami polietilenskega voska. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 66 str.
- Guidice A. 2001. The Seven Essentials of Woodworking. New York, Sterling Publishing Company, Inc.: 128 str.
- Jecl B. 2005. Fiksacija pripravka na osnovi bakra, etanolamina, oktanojske kisline in bora v impregniranem lesu. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 42 str.
- Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, BF - Oddelek za lesarstvo: 126 str.
- Korošec T. 2010. Odpornost smrekovega lesa, prepojenega s hidrofbnimi pripravki, na glive rjave trohnobe. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 43 str.
- Lesar B., Humar M. 2011. Use of wax emulsions for improvement of wood durability and sorption properties. Holz Roh- Werkst., 69, 2: 231-238
- Lesar B., Pavlič M., Petrič M., Sever S., Andrijana, Humar M. 2011 Polvm. degrd. stab., 96, 7: 1271-1278
- Lesar B., Petrič M., Kričej B., Humar M. 2009a. Voski in njihova uporaba v lesarstvu. Les, 61, 5: 188-194
- Lesar B., Pohleven F., Humar M. 2009. Uporaba voskov za izboljšanje vodoodbojnosti in trajnosti lesa. Les, 61, 5-P: 254-259
- Matthies L. 2001. Natural montan wax and its raffinates. European Journal of Lipid Science and Technology, 103: 239-248
- McElroy W. 1987. Painter's Handbook. Carlsbad, Craftsman Book Company: 318 str.

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

Samson-Kamnik. 2011. Rustikal - olje za les (www.samson-kamnik.si) (3.12.2011)

Schmidt O. 2006. Wood and tree fungi: biology, damage, protection and use, Berlin, New York, Springer Verlag: 334 str.

SIST EN 927-5: 2007 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa

Walker J. C. F., Butterfiel B. G., Haris J.M., Langrish T. A. G., Uprichard J. M. 1993. Primary wood Processing; Principles and practice. London, Chapman & Hall: 121-151

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mihi Humarju za vse nasvete in pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu, prof. dr. Marku Petriču za strokovno recenzijo diplomske naloge.