

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko URŠIČ

**UGOTAVLJANJE INSEKTICIDNIH LASTNOSTI
LESA MODIFICIRANEGA S SREDSTVOM
MELDUR-DMES**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko URŠIČ

**UGOTAVLJANJE INSEKTICIDNIH LASTNOSTI LESA MODIFICIRANEGA S
SREDSTVOM MELDUR-DMES**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**DETERMINATION OF INSECTICIDAL PROPERTIES OF WOOD
MODIFIED WITH MELDUR-DMES REAGENT**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

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 je bil izveden celoten eksperiment.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Marko Uršič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630*841
- KG les/insekticidne lastnosti/modifikacija/Meldur-DMES
- AV URŠIČ, Marko
- 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 2009
- IN UGOTAVLJANJE INSEKTICIDNIH LASTNOSTI LESA MODIFICIRANEGA
S SREDSTVOM MELDUR-DMES
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 51 str., 9 pregl., 18 sl., 16 pril., 29 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Pri uvajanju novih zaščitnih sredstev je treba izvesti vrsto raziskav in preizkušanj. Sredstvo Meldur-DMES smo testirali, da bi ugotovili njegovo učinkovitost proti termitom. Vzorce lesa bora in smreke smo modificirali s koncentracijama reagenta (5 in 10 % z in brez katalizatorja), nato pa smo jih še termično modificirali pri temperaturi 170 °C. S tem se je lesu izboljšala odpornost na biotične dejavnike in povečala dimenzijska stabilnost. Pred izpostavitvijo rumenovratemu termitu – *Kaloterms flavicollis*, smo vzorce sprali/umetno starali po standardu SIST EN 84. Ugotovili smo, da je sredstvo učinkovito, vendar le, če so vzorci kemično modificirani z višjo koncentracijo Meldur-DMES-a. Odpornost na termite se še izboljša s termično modifikacijo pri 170 °C. Vzorci modificirani z Meldur-DMES-om s katalizatorjem (borova kislina) in temperaturo 170 °C so najbolj odporni na termite, saj je smrtnost največja, poškodbe vzorcev pa minimalne.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*841
- CX wood/insecticidal properties/modification/Meldur-DMES
- AU URŠIČ, Marko
- AA POHLEVEN, Franc (supervisor)/HUMAR, Miha (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2009
- TI DETERMINATION OF INSECTICIDAL PROPERTIES OF WOOD MODIFIED WITH MELDUR-DMES REAGENT
MODIFIED WITH MELDUR-DMES
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 51 p., 9 tab., 18 fig., 16 ann., 29 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB At introduction of new protective means lots of researches and testings have to be done. The efficiency of Meldur-DMES, a protective means against termites, was tested. Samples of boron and spruce were modified with 2 concentrations of reagent (5 and 10 % with and without a catalyzer), and afterwards thermally modified at 170 °C. These 2 procedures improved the resistance of wood on biotic stability and increased its dimension stability. Before exposing samples to yellowneck termite (*Kaloterms flavicollis*) they were washed/artificially aged according to standard SIST EN 84. It was found out that this means is effective only when the samples are modified with higher concentration of Meldur-DMES. Thermal modification at 170 °C improves the resistance on thermites even more. Samples, modified with Meldur-DMES with catalyzer (boric acid) at 170 °C show the best termite resistance, because at these conditions the mortality rate is the biggest and injury of samples minimal.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	IX
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	3
2.1 MODIFIKACIJA LESA.....	3
2.1.2 Vpliv parametrov termične modifikacije na lastnosti lesa.....	5
2.1.3 Dimenzijska stabilnost modificiranega lesa.....	6
2.1.4 Postopki termične modifikacije.....	7
2.1.5 Uporaba termično modificiranega lesa.....	8
2.2 TIPI KEMIČNIH MODIFIKACIJ.....	9
2.3 MODIFIKACIJA LESA Z DMDHEU.....	11
2.3.2 Borova kislina H_3BO_3	14
2.3.3 Dejavniki modifikacije lesa z N-metilolnimi spojinami.....	14
2.4 TERMITI.....	17
2.4.1 Prebivališča.....	18
2.4.2 Hrana termitov.....	18
2.4.3 Razmnoževanje termitov.....	19
2.4.4 Anatomija termitov.....	20
2.4.5 Termiti kot vir hrane ali simbioze.....	21
2.4.6 Termiti kot vir hrane za ljudi.....	22
2.5 TERMITI KOT LESNI ŠKODLJIVCI.....	22
2.5.1 Rumenovrati termit – <i>Kaloterms flavicollis</i> (Fabricius, 1793).....	22
3 MATERIALI IN METODE.....	24

3.1	MATERIALI	24
3.2	METODE DELA	25
3.2.1	Priprava vzorcev	25
3.2.2	Priprava raztopine (MELDUR + H ₂ O)	25
3.2.3	Priprava raztopine (MELDUR + H ₂ O + katalizator)	26
3.2.4	Kemična modifikacija vzorcev lesa s sredstvom Meldur	27
3.2.5	Navzem raztopine Meldur po kemični modifikaciji	28
3.2.6	Postopek utrjevanja kemično modificiranega lesa	28
3.2.7	WPC (določanje spremembe mase zaradi vnosa reagenta)	29
3.2.8	Izpiranje/umetno staranje vzorcev	30
3.2.9	Izpostavitve vzorcev rumenovratemu termitu (<i>Kaloterme flavicollis</i>) ...	30
4	REZULTATI	32
4.1	MOKRI NAVZEM VZORCEV	32
4.2	DOLOČANJE SPREMEMBE MASE ZARADI VNOSA REAGENTA	34
4.3	SMRTNOST TERMITOV	36
4.3.1	Borovi vzorci	36
4.3.2	Smrekovi vzorci	37
4.4	OCENA POŠKODB	39
5	RAZPRAVA	42
6	SKLEPI	46
7	POVZETEK	47
8	VIRI	48
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Nekatere fizikalne in kemijske lastnosti DMDHEU (Zydex, 2002; Tomažič, 2006)	12
Preglednica 2: Evropski razred izpostavitve lesa (SIST EN 335-2).....	17
Preglednica 3: Fizikalne in kemične lastnosti sredstva MELDUR (Melamin, 2003).	24
Preglednica 4: Lestvica ocen poškodb lesenih vzorcev zaradi delovanja termitov.....	31
Preglednica 5: Navzem vzorcev po kemični modifikaciji v odvisnosti od lesne vrste in sestave reagenta. Poleg mase je podan standarden odklon.	32
Preglednica 6: WPC v odvisnosti od postopka modifikacije in lesne vrste	34
Preglednica 7: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri borovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije.....	36
Preglednica 8: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri smrekovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije.....	38
Preglednica 9: Ocena poškodb vzorcev smreke in bora, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu.....	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Načina delovanja modifikacijskega sredstva (Hill, 2006)	4
Slika 2: Dimetiloldihidroksietilenurea (DMDHEU) in imidazol (Tomažič, 2006).....	11
Slika 3: Ravnotežje reakcije N-metilolnih skupin s hidroksilnimi skupinami celuloze, sproščanje formaldehida in reakcije z –NH skupinami.....	13
Slika 4: Prikaz vojaka, imaga s krili, nimfe in delavca zgoraj (slika levo). Napaden les z rumenovratim termitom (slika desno). Foto: Marko Uršič.	23
Slika 5: Ponavljajoča se struktura borove kisline.....	24
Slika 6: Mešanje raztopine s pomočjo magnetnega mešala. Foto: Marko Uršič.....	26
Slika 7: Razporeditev vzorcev za impregnacijo. Foto: Janez Rot.....	27
Slika 8: Vzorci, pripravljene na termično modifikacijo (levo), termično obdelani in dva neobdelana vzorca (desno). Foto. Marko Uršič	29
Slika 9: Prikaz poskusa z metodo steklenih obročkov po Beckerju (1969)	31
Slika 10: Poškodba vzorca borovine (termična modifikacija 170 °C, brez reagenta). Foto. Marko Uršič.....	31
Slika 11: Mokri navzem reagentov pri vzorcih borovine v odvisnosti od kemijske sestave reagentov po kemični modifikaciji.....	33
Slika 12: Mokri navzem reagentov pri vzorcih borovine v odvisnosti od kemijske sestave reagentov po kemični modifikaciji.....	33
Slika 13: WPC pri borovih vzorcih v odvisnosti od tipa modifikacije.....	35
Slika 14: Prikaz WPC pri drevesni vrsti smreke z različnimi postopki modifikacije	35
Slika 15: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri borovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije	37
Slika 16: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri smrekovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije	38
Slika 17: Ocena poškodb modificiranih in nemodificiranih borovih vzorcev, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu	40
Slika 18: Ocena poškodb modificiranih in nemodificiranih smrekovih vzorcev, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu	41

KAZALO PRILOG

- Priloga 1: Mortaliteta termitov na smrekovih kontrolnih vzorcih
- Priloga 2: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
- Priloga 3: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
Meldur 5 %
- Priloga 4: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
Meldur 5 %
- Priloga 5: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja
- Priloga 6: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
Meldur 10 % z dodatkom katalizatorja
- Priloga 7: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 5 %
z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi
- Priloga 8: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 10 %
z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi
- Priloga 9: Mortaliteta termitov na borovih kontrolnih vzorcih
- Priloga 10: Mortaliteta termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C
- Priloga 11: Mortaliteta termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur
5 %
- Priloga 12: Mortaliteta termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur
10 %
- Priloga 13: Mortaliteta termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur
5 % z dodatkom katalizatorja
- Priloga 14: Mortaliteta termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur
10 % z dodatkom katalizatorja
- Priloga 15: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 5 %
z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi
- Priloga 16: Mortaliteta termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 10
% z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi

1 UVOD

Les je organski material, podvržen degradaciji. Razgrajujejo ga biotski in abiotski dejavniki. Delovanje enega največkrat privede do nadaljnje degradacije z drugim. V naravi je kroženje snovi koristno, vendar je pri tehnični uporabi lesa ta pojav nezaželen. Les je lahko zaščiten na različne načine: konstrukcijsko, kemično, z modifikacijo ali s kombinacijo več postopkov. Združevanje zaščit je najboljše, vendar ni vedno smiselno s praktičnega in tudi z ekonomskega vidika. Zaščita lesa je pogosto drag postopek, vendar smiselna, saj lahko podaljša življenjsko dobo lesnih izdelkov tudi za desetkrat.

Les je lahko zelo trajen na primernih mestih uporabe. Zato moramo upoštevati razred ogroženosti in tako izbrati primerno lesno vrsto, ki bo ustrezala ekonomskim, okoljskim in izpostavitvenim zahtevam. Vendar ta pristop ni vedno možen, saj je velikokrat omejen z mestom vgradnje, omejenostjo surovine ali s finančnimi viri. S tem problemom so se že v preteklosti soočili pri gradnji železniških prog ali pri izdelavi telegrafskih drogov. Ta problem so rešili z impregnacijo cenejšega lesa s kerozotnim oljem. Zaščita je že pred 170 leti podaljšala življenjsko dobo železniških pragov s 3 na 30 in več let. Postopki impregnacije so se ohranili do današnjih dni. Dandanes so v uporabi različna zaščitna sredstva, ki nam omogočajo nadaljnjo obdelavo lesa in so iz okoljevarstvenega vidika manj sporna v primerjavi s klasičnimi zaščitnimi sredstvi. Sodobna zaščitna sredstva morajo zadovoljiti zelo ostre okoljevarstvene zahteve: selektivno delovanje le za škodljivce, sredstvo mora biti neškodljivo za ljudi in okolje ter dosežati čim nižjo ceno. Prav tako je pomembno, da ga po uporabi varno uničimo. Vedno odgovornejše zahteve o neoporečnosti so privedle do novih tehnik zaščite. Ena novejših je tudi modifikacija lesa.

Les je sestavljen iz celuloze, hemiceluloze, lignina, ekstraktivnih in mineralnih snovi. Glive in ksilofagni insekti se posredno ali neposredno prehranjujejo z omenjenimi sestavinami. Modifikacija lesa temelji ravno na spremembi teh sestavin, ki so za živa bitja hrana. Z modifikacijo spremenimo kemijsko zgradbo teh sestavin. To spremembo lahko pri termični modifikaciji dosežemo le z višjimi temperaturami, kot je 170 °C. Odpornost na škodljivce lahko povečamo v kombinaciji z različnimi biocidi in temperaturo, ki morajo biti neškodljivi za ljudi, živali in okolje.

V diplomski nalogi bomo raziskali učinkovitost sredstva Meldur in termično modificiranega lesa na termita suhega lesa oziroma rumenovratega termita (*Kaloterme flavicollis*).

2 PREGLED OBJAV

2.1 MODIFIKACIJA LESA

Les je material z vrsto prednosti pred ostalimi materiali: je dar narave, ima dobro razmerje med težo in mehanskimi lastnostmi, dobro izolativnost, do narave je neoporečen, zahteva manj vložene energije za predelavo glede na preostale materiale itd. Ima pa tudi svoje pomanjkljivosti. Ena od teh je nedvomno ta, da ga v določenih razmerah razkrajajo biotski in abiotski dejavniki. Modifikacija lesa je bila razvita z namenom, da bi to pomanjkljivost omejili oziroma, da bi lesu podaljšali trajnost. Les je sestavljen iz kemičnih snovi, ki predstavljajo vir hrane za insekte in glive. Te komponente je treba spremeniti tako, da ne bodo več predstavljale potencialnega vira hrane za žive organizme. Izboljšajo se lahko tudi druge neustrezne lastnosti lesa, kot sta krčenje in nabrekanje. Z modifikacijo zmanjšamo raztezanje in krčenje lesa ter posledično tudi njegovo histerezo. Z modifikacijo posegamo v strukturo in kemično sestavo lesa z različnimi dejavniki.

Les lahko modificiramo na različne načine:

- kemična modifikacija,
- termična modifikacija,
- encimatska modifikacija,
- fizikalna modifikacija ...

Kemična modifikacija

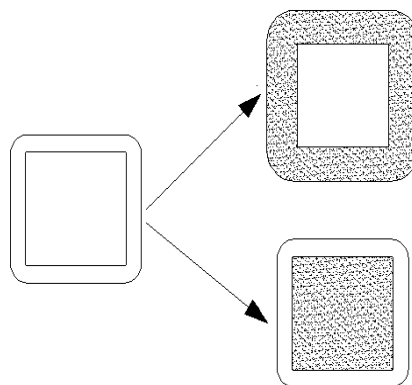
Pri tem načinu modificiranja lesa poteče reakcija med reagentom in komponentami lesnih polimerov. Najpogostejša sta estrenje in etrenje hidroksilnih skupin. Med modifikacijskim sredstvom in lesnimi polimeri nastanejo kovalentne vezi. Večina reagentov reagira s hidroksilnimi skupinami lesnih polimerov. Lastnosti kemično modificiranega lesa so odvisne od reagenta in stopnje modifikacije (slika 1).

Encimatska modifikacija

Ta način modifikacije je eden najnovejših in najmanj raziskanih. Z encimi lahko spreminjamo osnovno molekularno strukturo lesa. Encim lahko spremeni strukturo lignina in s povečanjem števila reaktivnih mest pozitivno vpliva na lastnosti pri vročem lepljenju lesa (Rep in Pohleven, 2001).

Termična modifikacija

Kakor večina modernih postopkov obdelave lesa ima tudi termična modifikacija začetke že sredi prejšnjega stoletja. Vendar se je zaradi ostrejših okoljevarstvenih zahtev kemične zaščite glavnina raziskav opravila v zadnjih dveh desetletjih. Les, izpostavljen temperaturi v območju od 170 do 220 °C, v odsotnosti kisika spremeni svojo osnovo molekularno strukturo. Pri tem v celični steni nastopi delna depolimerizacija polimerov in preoblikovanje polimerov. Vse te spremembe povečajo odpornost lesa na glive in insekte, obenem pa se poveča njegova dimenzijska stabilnost. Slaba stran termične modifikacije je poslabšanje mehanskih lastnosti lesa. Mehanske lastnosti se slabšajo z višanjem temperature in časom izpostavitve (Rep in Pohleven, 2001).



Slika 1: Načina delovanja modifikacijskega sredstva (Hill, 2006)

2.1.2 Vpliv parametrov termične modifikacije na lastnosti lesa

Temperatura in trajanje

Temperatura in trajanje sta med pomembnejšimi dejavniki modifikacije. Vplivata na komponente celične stene, in sicer na spremembo mase in barvo lesa. Trajanje je odvisno od velikosti komore, dimenzije elementov, količine materiala in časa aklimatizacije (Sailer in sod., 2000; Hill, 2006).

Segrevanje največkrat traja od 24 do 48 ur. Dejanski čas modifikacije po finskem modelu je od 0,5 do 4 ure (Jamsa in Viitaniemi, 2001). Ohlajanje traja toliko časa, dokler les ne doseže temperature okolice.

Temperatura za učinkovito modifikacijo se giblje med 180 in 260 °C. Najnižja temperatura, pri kateri je še opazen njen učinek, je 140 °C, najvišja pa 300 °C. Pri tako visoki temperaturi je degradacija lesa že zelo močna, zato se v postopkih uporablja temperatura do 260 °C (Hill, 2006). Prav tako je modifikacija lesa pri 140 °C minimalna in bistveno ne spremeni lastnosti lesa, zato se v praksi uporablja temperatura modifikacije, ki je višja od 170 °C.

Drevesna vrsta

Pri modifikaciji je treba upoštevati specifične lastnosti lesne vrste. Večje razlike so predvsem med lesom iglavcev in listavcev. Les listavcev pri isti temperaturi izgubi več mase (Hill, 2006).

Izguba mase

Delovanje visoke temperature povzroča izhlapevanje proste vode, vezane vode, ekstraktivnih snovi, v končni fazi pa povzroča spremembe v lesni strukturi ter posledično spreminja maso.

Prve spremembe mase makromolekularnih komponent se začno pojavljati nad 75 °C. Na izgubo mase poleg temperature vpliva tudi trajanje postopka.

Rep s sodelavci (2004) navaja, da so imeli vzorci smrekovine, modificirani pri maksimalni temperaturi med 190 in 230 °C, izgubo mase od 3,5 do 24 %. Izguba mase macesnovine je bila med 5,2 in 31 %. Izguba mase smrekovih vzorcev, ki jo navajajo Patzelt in sodelavci

(2002), je bila med 0,56 in 7,22 % pri maksimalni temperaturi modifikacije med 132 in 165 °C. Izguba mase je zelo pomemben podatek, saj nam pove, kakšne so fizikalne, mehanske in trajnostne lastnosti lesa (Lesar, 2005).

2.1.3 Dimenzijska stabilnost modificiranega lesa

Dimenzijsko stabilnost pri termični modifikaciji lahko ovrednotimo z dvema parametroma:

ASE (antishrink efficiency – protikrčitvena učinkovitost) v radialni ASE_r in tangencialni ASE_t smeri pove, za koliko je krčenje modificiranega materiala manjše od krčenja nemodificiranega oziroma kontrolnega. ASE se ocenjuje med dvema ravnovesnima legama, pogosto med tehnično suhim in napojenim stanjem (Gorišek, 1994).

$$ASE = (a_c - a_t)/a_c \quad \dots(1)$$

a_c – skrček kontrolnega vzorca med dvema ravnovesnima legama

a_t – skrček modificiranega vzorca med dvema ravnovesnima legama

MEE (moisture excluding effectiveness – sposobnost preprečevanja navlaževanja) je kazalnik, ki se je široko uveljavil pri kvantificiranju uspešnosti dimenzijske stabilnosti lesa s površinskimi premazi, in nam pove, za koliko sprejme neobdelan vzorec več vode kot tretiran (Gorišek, 1994).

$$MEE = (\Delta m_c - \Delta m_t)/\Delta m_c \quad \dots(2)$$

Δm – sprememba mase kontrolnega, nemodificiranega vzorca v določenem časovnem intervalu

Δm_t – sprememba mase modificiranega vzorca v določenem časovnem intervalu

Mehanske lastnosti

Modifikacija lesa ima številne prednosti pred drugimi postopki zaščite, vendar pa poslabša številne mehanske lastnosti lesa. Spremembe v mehanskih lastnostih je treba upoštevati pri uporabi lesa v gradbeništvu ali v primeru uporabe pod večjimi mehanskimi obremenitvami. Modifikacija zmanjša upogibno trdnost za 10 do 20 %, pogosteje izpadajo izpadajoče grče, vpliva pa tudi na trdoto površine, ta lahko ostane enaka ali se celo poveča. (Patzelt in sod., 2002; Pavlič, 2009).

Končne lastnosti modificiranega lesa so odvisne predvsem od samih parametrov modifikacije in uporabljenega postopka. Visoka temperatura prispeva k visoki odpornosti lesa in prav tako k slabšim mehanskim lastnostim. Pravo razmerje uporabljenih parametrov lahko nudi večjo odpornost in zadovoljive mehanske lastnosti lesa. Za uporabo modificiranega lesa v gradbeništvu moramo znižati temperaturo modifikacije, tako zmanjšamo termično degradacijo, posledično pa je zmanjšana zaščita (Rep in Pohleven, 2001).

2.1.4 Postopki termične modifikacije

Termična modifikacija lahko poteka v različnih medijih. Ti preprečujejo prisotnost kisika. Kisik lahko pospeši procese razgradnje lesa (piroliza).

Modifikacija v intaktnem vakuumu: To je novejši način modifikacije. Les v nasprotju z drugimi oblikami termične modifikacije ni obkrožen z grelnim medijem, temveč je v popolni odsotnosti katerekoli oblike plina ali tekočine. Postopek poteka v vakuumirni komori, v kateri se pred začetkom segrevanja vzpostavi podtlak. Na ta način odstranimo kisik, ki bi pri visoki temperaturi povzročal degradacijo lesa. Zaradi odsotnosti toplotnega medija je segrevanje oteženo, vendar pa vakuum omogoča segrevanje vode pri nižjih temperaturah. Trajanje postopka je odvisno od količine materiala, najpogosteje je čas modifikacije okoli tri ure.

Dimenzije lesa: Velike dimenzije lesnih izdelkov so lahko ovira pri modifikacijskih postopkih, saj so lahko predragi ali težje izvedljivi zaradi svojih posebnosti (večje dimenzije vakuumirnih komor so povezane z visokimi nakupnimi in obratovalnimi stroški). Popolna modifikacija zahteva modifikacijo lesa čez celoten presek, kar lahko pomeni dolg postopek v primeru velikih presekov elementov. Za doseganje visoke modifikacije mora biti omogočeno dovajanje – prehajanje toplote do sredine elementa.

Modifikacija v olju: Ta način modifikacije je razširjen v Nemčiji, daje zelo dobre rezultate modifikacije z učinkovitim ločevanjem lesa od nezaželenega kisika. Grelni medij je lahko olje iz oljne repice ali sončnično olje. Temperatura olja je med 180 do 260 °C. Najprimernejša temperatura (za jelovino) je 220 °C, postopek traja 2 do 4 ure po doseženi omenjeni temperaturi v sredici elementa. Po končanem postopku je dimenzijska stabilnost izboljšana za 40 %, vendar so nekatere mehanske lastnosti zmanjšane tudi za 30 %.

Modifikacija v pari: Para ogreva les in spodrina nezaželen kisik iz modifikacijske komore. Para se dovaja v komoro ali pa se sama ustvarja z uporabo vlažnega lesa. Postopek poteka med 150 do 240 °C, koncentracija kisika v komori je nižja od 3,5 % (Syrjanen, 2001). Z omenjenim postopkom lahko dosežemo izpostavitveni razred med I in III.

Modifikacija z dušikom: Za postopek te vrste mora biti les posušen na 12 % vlažnost. Sledi počasno segrevanje v dušikovi atmosferi do temperature, ki se giblje med 210 in 240 °C, koncentracija kisika je nižja od 2 %.

2.1.5 Uporaba termično modificiranega lesa

Termično modificiran les kot material:

Modificiran les je krhkejši od navadnega lesa, zato je treba pri obdelavi uporabljati zelo kvalitetna in ostra rezila. Pri razrezu nastaja zelo fin prah, ki je zelo dražljiv za dihala.

Kakor je bilo že omenjeno v poglavju (2.1.3) o mehanskih lastnostih, ima modificiran les slabše mehanske lastnosti, zato je treba biti pozoren na namen uporabe.

Uporaba:

Termično modificiran les zaradi svojih manjših higroskopskih lastnosti nudi visoko dimenzijsko stabilnost. Uporaben je lahko za zunanjo in notranjo uporabo. Njegova dimenzijska stabilnost je najbolj dobrodošla v spreminjajočih se klimah, uporaba v stiku z zemljo ali vodo je odsvetovana

Seveda pa je njegova odpornost nižja od lesa, impregniranega z borovimi ali piretroidnimi pripravki. (Hill, 2006).

Izdelava notranjega pohištva je lahko zanimiva, ker tak izdelek ne potrebuje dodatne površinske obdelave. Barva ni vedno obstojna, saj se pod vplivom UV-žarkov spremeni. To moramo upoštevati pri zunanji uporabi termično modificiranega lesa (Hill, 2006).

2.2 TIPI KEMIČNIH MODIFIKACIJ

Kemična modifikacija temelji na reakciji uporabljene kemikalije s hidroksilnimi skupinami lignina in holoceluloze. Novonastale vezi so lahko različne; poznamo enojne, dvojne ali vezi, ki so povezane z več OH-skupinami. Naštete vezi nastajajo pri različnih kemičnih modifikacijah. Te so:

Estrenje:

Estrenje je reakcija, pri kateri se formira esterska vez med hidroksilnimi skupinami polimera in reagenta (Bižal, 2008).

- Acetiliranje,
- Estrenje z epoksidi,
- Aciliranje z anhidridi očetne kisline ali s ketoni,
- Aciliranje z višjimi alifatskimi kislinami in njihovimi anhidridi.

Etrenje:

Etrenje je reakcija, pri kateri nastane etrska vez med hidroksilnimi skupinami lesa in alkikloridi, aldehidi, ketoni, epoksidi in drugimi reagenti. Najenostavnejši eter, ki lahko nastane pri reakciji, je metileter (Rep. in Pohleven, 2001; Ribič, 2006)

- Alkiliranje,
- Benziliranje,
- Cianoetiliranje,
- Etrenje z epoksidi,
- Hidroksimetioiranje.

Siliranje:

Omenjeni postopek se zaradi cene redko uporablja. Ideja siliranja izhaja iz raziskav naravno odpornih tropskih lesnih vrst, ki vsebujejo velike količine organosilicijevih spojin. V primeru siliranja s pomočjo reagenta alkil-halogen-silan sprožimo reakcijo z lesom in les napravimo bolj hidrofoben ter s tem odpornejši proti lesnim glivam (Rep in Pohleven, 2001; Hribar, 2001)

Uretanska vezava (reakcija):

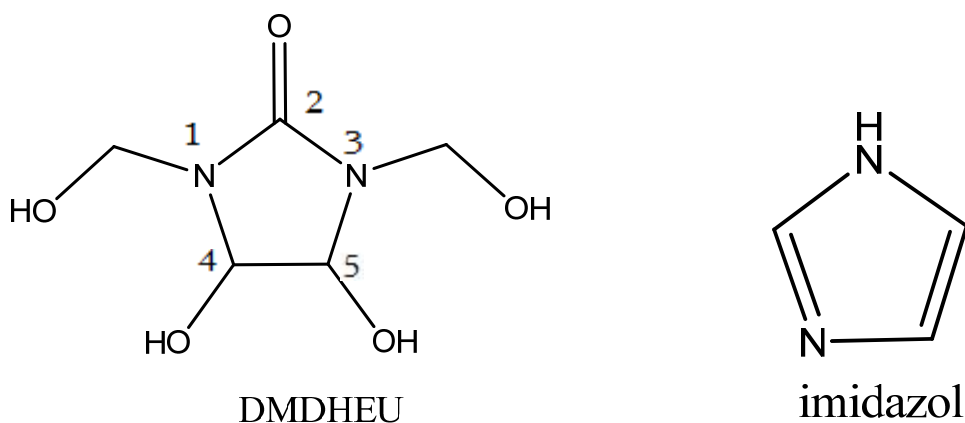
Uretanska vez se vzpostavi med izocianati in hidroksilnimi skupinami lesnih polimerov. Če uporabimo di- oziroma poliizocianate, lahko med postopkom modifikacije pride tudi do homopolimerizacije reagenta (Bižal, 2008).

Učinkovita kemična modifikacija je zagotovljena z globoko penetracijo sredstva v celično steno, kjer reagent reagira s polimeri lesa. Za dobro penetracijo mora biti vneseno sredstvo ustrezno že na molekularni ravni, saj velikost molekule sredstva ne smejo presegati premera mikropor v celični steni lesa, ki znaša med 2 in 4 nm (Hill, 2006).

2.3 MODIFIKACIJA LESA Z DMDHEU

Najnovejše raziskave na področju zaščite lesa so usmerjene k razvoju manj škodljivih sredstev za okolje in človeka. Sredstvo mora seveda izboljšati trajnost lesa in njegovo dimenzijsko stabilnost ter pri tem čim manj zmanjšati mehanske lastnosti.

V šestdesetih letih prejšnjega stoletja so razvili sredstvo, ki je bilo namenjeno uporabi v tekstilni industriji. Zmanjševalo je krčenje in mečkanje blaga iz celuloznih vlaken (Hill, 2006). Glavna učinkovina je vodotopna smola dimetiloldihidroksietilenurea ali 1,3-bis(hidroksimetil)-4,5-dihidroksi-2-imidazolidinon (DMDHEU) (slika 2). Leta 1960 je Weaver začel prva testiranja tega reagenta na lesu. Z modifikacijo ni dosegel zadovoljivih rezultatov. Nadaljnje teste sta leta 1987 opravila Nicholas in Willams in dosegla izboljšanje dimenzijske stabilnosti lesa.



Slika 2: Dimetiloldihidroksietilenurea (DMDHEU) in imidazol (Tomažič, 2006)

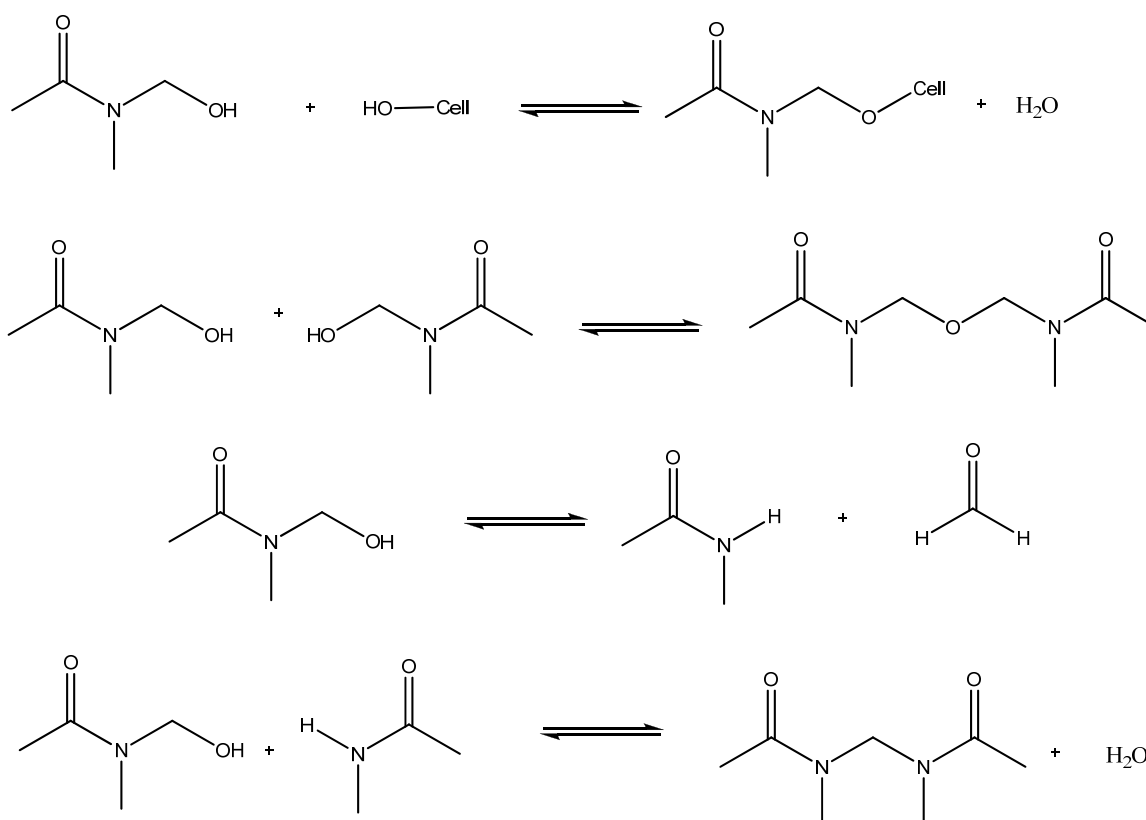
DMDHEU je zelo dobro topen v vodi, zato ga lahko mešamo v različnih razmerjih. Je ostrega vonja in bledorumene barve. Majhne molekule mu omogočajo dobro penetracijo v celično steno lesa. Preostale lastnosti so zapisane v preglednici 1.

Preglednica 1: Nekatere fizikalne in kemijske lastnosti DMDHEU (Zydex, 2002; Tomažič, 2006)

Agregatno stanje pri sobni temperaturi	Tekočina
Izgled in barva	Transparentna, rumenkasata
Vonj	Oster
Vrelišče	> 70 °C
Eksplozivnost	Ni eksploziven
Topnost v vodi	Topna v vseh razmerjih
Gostota	1,2–1,3 g/mL
Vrednost pH (pri 50g/l, 30°C)	5

N-metilolni skupini na mestih 1 in 3 lahko reagirata s hidroksilnimi skupinami lesa, pri čemer nastanejo etrske vezi (Krause in sod., 2003) (slika 2). Reakcija DMDHEU s celulozo je predstavljena v prvi vrstici s like 3. Do zamreženja pride med celulozo in N-metilolnimi skupinami ter tudi s hidroksilnimi skupinami na mestih 4 in 5. Že rahlo segrevanje oziroma dvig temperature (na 70 do 80 °C) lahko povzroči samozamreženje DMDHEU in v nekaj urah postane snov netopna v vodi (Ashaari in sod., 1990; Tomažič, 2006).

Med uporabo celuloze, tretirane z DMDHEU, lahko pride do sproščanja formaldehida zaradi nezreagiranih molekul DMDHEU. Prosti formaldehid se lahko tudi zamreži s celulozo. Rezultat je nastanek metilen-etrskih vezi. Nezreagirane molekule DMDHEU se lahko sčasoma (staranje) tudi same zamrežijo (Petersen, 1985; Tomažič, 2006) (slika 3).



Slika 3: Ravnotežne reakcije N-metilolnih skupin s hidroksilnimi skupinami celuloze, sproščanje formaldehida in reakcije z –NH skupinami

Na stopnjo modifikacije lesa z reagentom DMDHEU vplivajo različni dejavniki, kot so temperatura, trajanje reakcije, katalizator, koncentracija ter drevesna vrsta. Zelo pomembno vlogo ima tudi navzem. Ta je večji pri hitro rastočih vrstah, ki se najpogosteje uporabljajo za modifikacijo. Večji navzem se navadno odraža v višjih stopnjah modifikacije, saj je vnesenega več sredstva.

Katalizator

Katalizator služi kot pospeševalec reakcije med reagentom in celično steno. V večini kemičnih modifikacij se ga uporablja, saj na ta način dosežemo hitrejšo reakcijo in boljše zamreženje strukture. Vrsta katalizatorja je odvisna od uporabljenega reagenta. Pri DMDHEU uporabljamo aluminijev klorid, citronsko kislino, tartarsko kislino (Tomažič, 2006), pri našem poskusu pa borovo kislino.

2.3.2 Borova kislina H_3BO_3

Borova kislina vsebuje kemijski element bora. Ta je zelo razširjen v naravi, vendar ne v čisti obliki, saj je vezan z drugimi spojinami. Bor je v nižjih koncentracijah praktično netoksičen, zato je tudi borova kislina pri nižjih koncentracijah neškodljiva za ljudi in okolje. Toksičnost borve kisline bi lahko primerjali z kuhinjsko soljo. Znano je, da nobena prava gliva razkrojevalka ne tolerira borovih spojin. Za dobro zaščito proti glivam moramo uporabiti 3 kg/m^3 borove kisline. Borova kislina še bolje kot na glive deluje proti lesnim insektom. Njeno delovanje ni kontaktno temveč želodčno. To pomeni, da insekti ne umrejo takoj, saj potrebujejo več časa za izstradanje od 1 do 4 tedne ali več. Učinkovitost borove kisline je odvisna od globine impregnacije in koncentracije. Za učinkovito zaščito proti termitom je priporočan navzem $4,5 \text{ kg BK/m}^3$. Navzem je lahko tudi manjši, saj je odvisen od nevarnosti napada termitov.

Slaba lastnost borove kisline je izpiranje. Za zaviranje tega procesa, na primer pri pripravku CCB, se uporablja krom. Fiksacija ni nikoli popolna, saj bor prehaja z mesta višje koncentracije na mesto nižje. Izpiranje je lahko zelo intenzivno; pri drogu, zaščitenem s pripravkom CCB, so tako zabeležili, da se v 5 letih izpere do 35 % navzetih borovih učinkovin (drog nad zemljo). Daljšo trajnost lahko dosežemo pri uporabi lesa v prvem in drugem razredu ogroženosti, kjer je nevarnost izpiranja manjša (Lesar in Humar, 2007).

2.3.3 Dejavniki modifikacije lesa z N-metilolnimi spojinami

Temperatura

Temperatura je eden najpomembnejših dejavnikov modifikacije. Določimo jo glede na uporabljeno sredstvo in želene lastnosti modificiranega lesa. Pri prenizki temperaturi ne pride do ustreznega premreženja sredstva in je odpornost nizka, če pa je temperatura previsoka, les izgubi del mehanskih lastnosti, a je zaščita proti biotskim dejavnikom višja. DMDHEU reagira že pri nižjih temperaturah, in sicer pri $55 \text{ }^\circ\text{C}$ (Ashaari in sod., 1990). Tako nizko temperaturo v praksi redko kdaj uporabljamo, največkrat utrjevanje poteka v območju med 80 in $175 \text{ }^\circ\text{C}$ (Militz, 1993).

Trajanje modifikacije

Trajanje je odvisno od različnih dejavnikov, kot so drevesna vrsta, dimenzije vzorcev, tip učinkovine, katalizatorja, tlaka v komori itd. Modifikacija z sredstvom DMDHEU traja od 16 do 24 ur (Militz, 1993; Krause in sod., 2003), najkrajši čas so dosegli Ashaari in sodelavci (1990), in sicer štiri ure.

Vpliv drevesne vrste

Zelo pomembna lastnost lesa je tudi permeabilnost. Ta zelo variira med lesnimi vrstami, celo pri isti drevesni vrsti (med jedrovino in beljavo). Permeabilnost vpliva na navzem sredstva.

Dimenzijska stabilnost

Les je naraven material s svojimi pomanjkljivostmi. Dimenzijska nestabilnost je negativna lastnost, ki izvira iz interakcij z vodnimi molekulami, te povzročajo nabrekanje in krčenje lesa. Sposobnost vezanja vode izvira iz sestave lesa. Ta vsebuje veliko prostih hidroksilnih skupin, na katere se vežejo molekule vode. Oddajanje in sprejemanje vode vodi do poškodb površine, pokanja celičnih sten, razpok na površini (Gorišek, 1994). Degradaciji površine sledi vdor škodljivih organizmov, kot so razne glive in lesni insekti. Visoko odpornost dosežemo le s termično modifikacijo pri visokih temperaturah. Z zelo invazivnim postopkom ne samo spremenimo, temveč tudi povečamo odpornost, žal tudi poslabšamo/oslabimo mehanske lastnosti lesa. V primeru potrebe po boljših mehanskih lastnostih in višji stopnji zaščite uporabljamo dodatke, kot so epoksidi in drugi aditivi.

Barvne spremembe

Povišana temperatura ne povzroča le kemijskih in mehanskih sprememb, temveč tudi vizualne. Les, ki ga termično obdelamo, spremeni barvo in potemni. Intenzivnost potemnitve je pogojena s trajanjem in višino temperature. Blagi rjavi odtenki nastajajo pri nižjih temperaturah, rjavi pri povišanih, temnorjavi do črni pa pri visokih temperaturah in dolgi izpostavitvah. Barva termično modificiranega lesa se pod vplivom UV-svetlobe spreminja (Rapp in Sailer, 2001; Hill, 2006).

Biološka odpornost

Lesnim glivam in insektom predstavlja les hrano, zatočišče in mesto, kjer se lahko razmnožujejo in uspevajo. Modificiran les je v nasprotju z neobdelanim manj primeren, saj ta vsebuje manj insektom in glivam ustreznih hranilnih snovi.

Spremembe na molekulah celuloze, lignina in raznih drugih komponentah motijo encimatsko razgradnjo, kar pomeni, da modificiran les ni več primeren za hrano. Manjša higroskopnost pa prav tako zmanjšuje nevarnost okužbe gliv, ki potrebujejo več vlage za svoj razvoj.

Za ovrednotenje ogroženosti lesa pred biotskimi dejavniki razkroja je predpisan standard (SIST EN 335-2). V njem so določeni razredi izpostavitve od 1 do 5. Ta standard za vsak razred opisuje zunanje vplive in način izpostavitve lesnih izdelkov. Razredi izpostavitve so prikazani v preglednici 2.

S termično modifikacijo lahko dosežemo največ, razrede zaščite 1, 2 in 3:

Razred 1

Zelo rahlo modificiran les. Večinoma zelo malo spremeni barvo. Njegova uporaba je primerljiva z netretiranim lesom. Uporablja se v notranjih prostorih, kjer ravnovesna vlažnost nemodificiranega lesa ne preseže 20 %.

Razred 2

Rahlo modificiran les. Uporablja se v pokritih prostorih z možnostjo naključnega močenja. Na primer kuhinjsko pohištvo, okna in vrata (pod kapom). Mehanske lastnosti so nekoliko slabše kot pri netretiranem lesu, vendar so za takšno uporabo popolnoma ustrezne (Tjeerdesma in sod., 1998).

Razred 3

Močno modificiran les. Uporablja se za izdelke na prostem, vendar nad zemljo. Les je pod stalnimi vremenskimi vplivi ali drugimi vrstami močenja, kot je na primer kondenz. Lesna vlažnost nemodificiranega naravnega lesa v 3. razredu ogroženosti je pogosto nad 20 %. Uporablja se v izdelkih, kjer je potrebna dobra dimenzijska stabilnost. Mehanske lastnosti

takega lesa so slabše, a še vedno zadoščajo za izdelke, ki imajo nosilne funkcije (statične) (Tjeerdesma in sod., 1998).

Preglednica 2: Evropski razred izpostavitve lesa (SIST EN 335-2)

Razred izpostavitve	Izpostavitveni položaj	Vlaženje	Vsebnost vlage
1	nad zemljo, pokrit	stalno suho	pod 20 %
2	nad zemljo, pokrit, možnost močenja	občasno vlaženje	občasno nad 20 %
3	nad zemljo, nepokrit	pogosto vlaženje nad tlemi	pogosto nad 20 %
4	v stiku z zemljo ali vodo	stalno vlaženje na/v zemlji	stalno nad 20 %
5	v morski vodi	stalno vlažen v morski vodi	stalno nad 20 %

2.4 TERMITI

Termiti so ksilofagni insekti iz skupine Isoptera in spadajo med nižje razvite vrste. Termite večkrat zamenjamo z mravljami. Na prvi pogled so jim podobni, vendar pa se razlikujejo v zgradbi telesa, razvoju in notranjih organih. Termiti povzročajo zelo veliko gospodarsko škodo, saj lahko s svojo zelo dobro socialno organiziranostjo in sposobnostjo uničujejo veliko asortimentov lesa, lesene konstrukcije ali celotne hiše. V primeru napada je zatiranje zelo zahtevno.

Nevarnost ne predstavlja le njihova številnost in z njim povezana visoka učinkovitost, temveč tudi prehranska prilagodljivost. Termiti lahko napadejo živo ali mrtvo drevo, slonovino, tekstil, usnje, plastične materiale, seno, semena, papir in materiale, podobne papirju (Becker in Seifert, 1962, cit. po Kervina, 1972; Hariris, 1964, cit. po Kervina, 1972; Kervina, 1972). V naravi služijo termiti kot pospeševalci kroženja snovi. Najdemo jih v tropskem in subtropskem pasu, manj v zmernem pasu. Najdemo jih tudi na Slovenskem primorju. V Sloveniji je gospodarska škoda, povezana s termiti, zanemarljiva, saj se pojavljajo na zelo omejenem delu Slovenije, kjer so gradnjo objektov prilagodili zaščiti pred termiti.

2.4.1 Prebivališča

Prebivališče termitom nudi zaščito pred biotskimi in abiotskimi dejavniki, obenem pa tudi omogoča stabilno klimo. Termitnjaki se med vrstami razlikujejo. S svojimi značilnostmi gradnje lahko hitro prepoznamo vrsto termita. Prebivališča so lahko podzemna ali nadzemna. Najbolj znana so nadzemna v panjskih ali prostostoječih oblikah. Za gradnjo nadzemnih termitnjakov uporabljajo zmesi zemlje, prežvečenega lesa in izločkov. Termiti iz družine Kalotermitidae gradijo samo s svojimi iztrebki, medtem ko termiti iz rodu *Reticulitermes* za gradnjo uporabijo 80 % mineralnih materialov (Becker in Seifert, 1962, cit. po Kervina, 1972; Kervina, 1972).

Največje prostostoječe oblike termitnjakov so sestavljene iz zemlje in lahko dosežejo višino tudi do 12 m. V primerjavi z velikostjo termita so to izjemni objekti. Povprečno so termitnjaki te vrste visoki tri metre. Notranjost je deljena na komore in preprejena z rovi, s katerimi so komore med seboj povezane. Najpomembnejši del je center termitnjaka, v katerem se nahaja matična komora, v njej pa sta kralj in kraljica. Izhodi na površje so povezani z vnosi hrane, kot so les, trave ali žitarice. Termitnjaki se razlikujejo tudi po trdoti. Nekateri so trdi kot beton, drugi mehki kot karton (Becker in Seifert, 1962, cit. po Kervina, 1972).

V Evropi ne srečamo take vrste termitnjakov. Pri nas živijo termiti v lesu ali pod zemljo.

2.4.2 Hrana termitov

Glede na hrano se termiti delijo na tri skupine: termiti, ki se hranijo z lesom in koreninami, termiti, ki se hranijo z zemljo, pomešano z organskimi odpadki, in termiti, ki se hranijo z gojenimi gobami (simbioza).

Termiti, ki jim predstavlja hrano celuloza v lesu, niso sposobni sami prebaviti celuloze. Pri tem jim pomagajo simbionti. Praživali, ki se nahajajo v vrečasto razširjenem delu zadnjega črevesa, uvrščamo v skupino bičkarjev – Flagellata. Njihova naloga je prebaviti delce lesa z vsebnostjo celuloze, ki jih vsrkajo prek fagocitoze. Celuloza se po končani prebavi simbiontov spremeni v sladkor. Simbionti se nato izločijo v obliki iztrebka kot proktodealna kaša, ki vsebuje večje bičkarje. Ti se po zaužitju proktodealne kaše razgradijo in absorbirajo v srednjem črevesu termita. Proktodealno kašo lahko proizvajajo samo

delavci. Izločanje izzovejo drugi osebki z dotikom tipalk po zadku delavca. To ga vzpodbudi, da iz analne odprtine izloči iztrebek, ki služi kot hrana sodelavcem. Izločeni iztrebki so valjaste oblike, vendar se razlikujejo v podrobnostih glede na vrsto. To raznolikost lahko uporabimo za prepoznavanje posameznih vrst.

Predelovanje celuloze lahko poteka tudi s pomočjo gliv. Ta način razgradnje celuloze poteka izven telesa termita, zato ga imenujemo ektosimbioza. Delavci se pri takem načinu hranijo z micelijem in sporami glive ali pa z že delno razkrojenim lesom, ki je bil predhodno okužen z glivo. V nekaterih primerih termiti gojijo glive na posebnih gredicah.

V obeh primerih prehranjevanja je stopnja predelanosti hrane zelo visoka in je v primerjavi z drugim insekti, kot je na primer hišni kozliček, mnogo učinkovitejša. Stopnja predelanosti je odvisna od simbiotov v predelih posameznih vrst termitov.

Prehranjevanje, in s tem povezano uničevanje gospodarsko zanimivega lesa, je odvisno od življenjskih pogojev. V toplejših mesecih so termiti mnogo bolj aktivni kakor v mrzlih. Optimalni pogoji so pri temperaturi 28 °C in pri relativni zračni vlagi 80 %. Pri zelo nizkih temperaturah termiti otpnejo in čakajo na otoplitev, da ponovno zaživijo. Termiti prenesejo temperature med -20 in 60 °C.

2.4.3 Razmnoževanje termitov

Razmnožujejo se samo spolni osebki. To sta pri termitih kraljica (matica) in kralj. Razmnoževanje se začne s svatbenim letom. Najprej moški in ženski osebki izletijo iz termitnjaka ter si poiščejo partnerja. Par nadaljuje svoj let in si izbere primerno mesto za nov termitnjak. Termiti zelo slabo letijo, vendar pa jim pri letenju lahko pomaga tudi veter. Kmalu po pristanku jim krila odpadejo, par si poišče ugodno mesto za parjenje (pod kakšnim kamnom) in nadaljuje z izgradnjo zakonske komore. Po parjenju samica iznese prva jajčeca, iz katerih se izležejo ličinke, ki jih hranijo starši. Prve ličinke po zaključeni prvi levitvi prevzamejo vlogo delavcev ter začnejo kopati hodnike in graditi. Delavci tudi skrbijo za hrano zase in za vse druge oblike oz. kaste, ki se začnejo pojavljati v termitnjaku, kot so vojaki in nimfe. Ustvari se struktura novega termitnjaka in ciklus razmnoževanja se nadaljuje.

2.4.4 Anatomija termitov

Telo termita je na zunaj podobno mravljam, zato jih v primorju imenujejo tudi bele mravlje. Njihovo telo je prilagojeno za življenje v termitnjaku, tako kot so mravlje v mravljišču. Tam so zavarovani pred neugodnimi vremenskimi pogoji in sovražniki. Med vrstami se termiti razlikujejo, zato bo posamezna oblika opisana zelo na splošno.

Delavec: To je najštevilčnejša kasta, v katero spadajo samci in samice svetlejšje barve z zakrnelimi spolnimi organi. Delavci so slepi, z izjemo nekaterih vrst. Odsotnost vida nadomeščajo z izjemno razvitim vohom, ki jim pomaga pri orientaciji in komunikaciji. Njihove naloge so: gradnja bivališč, prehrana ter nega spolnih osebkov in ličink. V koloniji samo delavci lahko samostojno preživijo, saj samo oni skupaj s simbionti prebavijo hrano. Hrana je večkrat predelana in velikokrat zaokroži po koloniji. Tako služi tudi kot komunikacijsko sredstvo na osnovi feromonov.

Vojaki: Vojaki so, kakor delavci, prav tako slepi in imajo zakrnele spolne organe. Od delavcev se razlikujejo po velikosti, obliki, barvi in zelo izrazitih kleščah na glavi. V termitnjaku sta pri nekaterih vrstah termitov dve vrsti vojakov, in sicer vojaki za notranji red (policija) ter močnejše oblike za varovanje termitnjaka pred zunanjimi sovražniki (vojaki).

Nimfe: Nimfe so oblike osebkov, iz katerih se lahko razvijeta spolni obliki matica ali samec. So temnejše obarvane in drugačne oblike kakor delavci ali vojaki. Imajo dva para dolgih, ozkih, opnastih kril, ki so si enaka po zgradbi in obliki. Po koncu svatbenega plesa krila odpadejo in takrat se nimfe preobrazijo v spolno zrele osebke - matico in kralja, ki poskrbita za potomstvo celotne kolonije.

Matica in samec: Matica in samec sta spolno dozorela osebka. Njuna edina naloga je skrbeti za produkcijo zaroda. Od drugih oblik se ločita po velikosti in barvi telesa.

Matica ima povečan zadek, v katerem nastajajo velike količine jajčec. Nekatere vrste jajčece izležejo na 2 do 3 minute, pri nekaterih celo vsaki 2 sekundi. Z omenjenim hitrim

tempom lahko matica v enem dnevu izleže 30.000, v celotnem letu pa preko 10 milijonov jajčec (Kervina, 1972).

Kralj je prav tako večji od ostalih termitov, vendar manjši od matice. Matica lahko doseže velikost tudi do 11 cm, samec pa do 2 cm. V primeru smrti enega od spolnih osebkov ga nadomesti sekundarni osebek. Ta način razvijanja novih spolnih oblik imenujemo "neotenijska".

Ličinke: Komaj izležene ličinke so že pravi miniaturni termiti, ki že po prvi levitvi nemudoma prevzamejo svojo funkcijo delavcev.

2.4.5 Termiti kot vir hrane ali simbioze

Življenje termitov je povezano z drugimi živalmi. Nekatere so termitofilne (termitoljubne), druge pa termitofage (se prehranjujejo s termiti). Termitofilne živali ne škodujejo termitom, temveč sobivajo in izkoriščajo prisotnost termitov. Največkrat se nahajajo v termitnjakih. Schimdt (1953, cit. po Kervina, 1972) omenja sobivanje termitov s termitskimi muhami (*Termitoxenia heimi*) in kratkokrilimi bubami (*Corotoca phylo*) s karakteristično povečanim zadkom. Druge živali izkoristijo opuščene termitnjake, v katerih si naredijo svoj dom. Tako si na primer hijene v velikih termitnjakih v Afriki izkopljejo brlog. Spet druge pa v zameno za sobivanje nudijo zaščito.

Mnoge živalske vrste se s termiti prehranjujejo. Njihovi najpogostejši sovražniki so razni plazilci, večji insekti, ptice in sesalci.

Termiti so najbolj ranljivi v obdobju parjenja in med rojenjem, takrat padajo na tla. Njihovo šibkost izkoristijo mnoge živali, kot so stonoge, žabe, razni plazilci, v zraku pa jih napadajo še ptice. Visoke izgube je narava kompenzirala z zelo visoko rodnostjo. V krajih, kjer so termiti bolj razširjeni, imajo tudi več sovražnikov. Nekatere vrste so prav specializirani termitofagi, kot na primer *Myrmecophaga tridactyla* in *Orycteropus aethiopicus* (Schmidt, 1953, cit. po Kervina, 1972). Pri nas ni specializiranih vrst, ki bi se prehranjevale s termiti. Njihovi sovražniki so ptice, plazilci in drugi sesalci, ki se prehranjujejo z različnimi vrstami insektov (Kervina, 1972).

Plenilci termitov so nujno potrebni, saj v naravi uravnavajo njihovo število. To varovalo pa je neučinkovito v primeru naselitve termitov izven njihovega avtohtonega življenjskega prostora, kjer ni njihovih naravnih sovražnikov.

2.4.6 Termiti kot vir hrane za ljudi

S termiti se ne hranijo samo živali, temveč so vir hrane tudi za ljudi iz določenih delov Afrike, Južne Amerike in Azije. Visoka vsebnost maščob in beljakovin lahko predstavlja izdaten obrok, saj je 100 g termitov enakovredno 560 kcal. Domorodci ne uporabljajo termitov samo v prehrabene namene, ampak tudi kot zdravilo. Mast matice je lahko uporabljena kot zdravilo proti kašlju (Harris, 1964, cit. po Kervina, 1972).

2.5 TERMITI KOT LESNI ŠKODLJIVCI

2.5.1 Rumenovrati termit – *Kaloterme flavicollis* (Fabricius, 1793)

Ta vrsta termita sodi med nižje razvite. Zanj je značilno, da nima pravih delavcev, saj delo delavcev opravljajo starejše ličinke.

Rumenovrati termit sodi v družino Kalotermitidae in rod *Kaloterme*. Na Slovenskem primorju je bil odkrit na območju Kopra, Rižane, Pirana, Portoroža, Parenzana. Prisoten je po celotni obali Sredozemskega morja, na vzhodu do Kavkaza in Odese (Kervina, 1972).

Zadržuje se v suhem lesu, zato mu pravimo tudi termit suhega lesa. Napada odmrle veje, panje, včasih tudi vitalne dele drevesa. Kervina (1972) omenja, da so osušene veje lahko tudi posledica napada rumenovratega termita, ki se širi proti živemu delu, za njim pa se napaden les suši. Ustvarjen termitnjak je nekoncentrične oblike, sestavljen je iz nepravilno razporejenih hodnikov in komor. Rumenovrati termiti napadajo zelo različne drevesne vrste, nekatere od teh so: češnja (*Prunus avium* L.), hrast prnar (*Quercus coccifera* L.), črničevje (*Quercus ilex* L.), nepravi plutovec (*Quercus pseudosuber* Santi), oljka (*Olea europaea*), figovec (*Ficus carica*) itd. (slika 4).

Kolonije niso velike. Štejejo od 50 do 200 osebkov. Sestavljajo jih lažni delavci (starejše ličinke), ki so dolgi do 7 mm in bele barve. Vojaki so največji osebki (slika 4). Dosegajo dolžine do 10,5 mm, njihovo telo je rumenorjavo. Opremljeni so z močnimi kleščami.

Nimfe so dolge od 9 do 8 mm, rjave do temnorjave barve z 1,5 mm dolgimi temnimi krili. Odrasli spolni osebki so črne barve in dosežejo do 12 mm dolžine. Matica in samec tvorita par. Izležena jajčeca so sive barve in velika 1,1 mm. Iztrebki te vrste termita imajo značilno valjasto obliko s šestimi konkavnimi stranicami.

Rumenovrati termit ne povzroča velike gospodarske škode, saj so napadi zelo omejeni in zaradi manjših kolonij potekajo počasi. Največkrat povzroča škodo v sadovnjakih in le redko kdaj na vgrajenem lesu. V primeru napada je treba zelo hitro ukrepati in uničiti kolonijo.



Slika 4: Prikaz vojaka, imaga s krili, nimfe in delavca zgoraj (slika levo). Napaden les z rumenovratim termitom (slika desno). Foto: Marko Uršič.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Les:

Za diplomsko nalogo smo uporabili dve lesni vrsti, in sicer les rdečega bora (*Pinus sylvestris*) in les smreke (*Picea abies*). Vzorci so bili iz beljave in brez napak. Iz posamične drevesne vrste smo izdelali po 40 vzorcev velikosti $50 \times 25 \times 15$ mm.

Reagent:

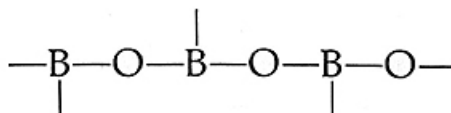
Kot modifikacijsko sredstvo smo uporabili MELDUR, razredčen z vodo v razmerjih 10 in 5 %. Lastnosti MELDURA so navedene v preglednici 4.

Preglednica 3: Fizikalne in kemične lastnosti sredstva MELDUR (Melamin, 2003).

Fizikalne in kemične lastnosti (MELDUR)	
Videz	prozorna, rahlo rumenkasta tekočina
Vonj	specifičen, rahlo po formaldehidu
Vrelišče	ca. 100 °C
Parni tlak	ca. 23 hPa (pri 20 °C)
Topnost v vodi	popolna
Vrednost pH	6,0–8,5
Vsebnost suhe snovi	41,88 % ± 1
Relativna gostota (pri 20 °C)	ca. 1,2 g/mL glede na gostoto vode
Obstojnost (20–25 °C)	60 dni
Prosti formaldehid	pod 1 %

Katalizator:

Uporabili smo borovo kislino H_3BO_3 . Kislina je belega videza v trdni obliki (zrnc). Struktura je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Ponavljajoča se struktura borove kisline

3.2 METODE DELA

3.2.1 Priprava vzorcev

Razrez vzorcev je potekal na mizni krožni žagi. Pri razrezu smo bili pozorni na pravilno orientacijo letnic, ki naj bi bila pod kotom 45° glede na osnovno ploskev. Vzorce smo nato pregledali in izločili poškodovane. Nato smo jih obrusili in tako odstranili nacefrane delce, nastale pri razrezu, saj bi lahko ti odpadli in vplivali na natančnost nadaljnjega tehtanja. Vse vzorce smo označili s svinčnikom in jih nato posušili do absolutno suhe vlažnosti. Sušenje je potekalo v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 103 ± 1 °C. Sušenje je trajalo 24 ur. Posušene vzorce smo ohladili v eksikatorju in jih stehali na laboratorijski tehtnici na dve decimalki natančno. Zaporedoma smo tehtali samo tri vzorce, saj bi lahko prekomerna izpostavitve sobni klimi vplivala na maso absolutno suhih vzorcev.

3.2.2 Priprava raztopine (MELDUR + H₂O)

Za poskus smo uporabili vodno raztopino z sredstvom MELDUR, 5 in 10 % koncentracijo. Osnovna mešanica proizvajalca je vsebovala 41,88 % ss (suhe snovi). Glede na količino vzorcev smo se odločili, da bo za impregnacijo zadostovalo 4000 g raztopine.

Priprava 10 % raztopine:

$$955,2 \text{ g MELDUR} + 3044,8 \text{ g H}_2\text{O} = 4000 \text{ g} \quad \dots(3)$$

Priprava 5 % raztopine:

$$477,6 \text{ g MELDUR} + 3522,4 \text{ g H}_2\text{O} = 4000 \text{ g} \quad \dots(4)$$

Raztopini smo premešali v mešalniku s pomočjo magnetnega mešala (slika 6).



Slika 6: Mešanje raztopine s pomočjo magnetnega mešala. Foto: Marko Uršič

3.2.3 Priprava raztopine (MELDUR + H₂O + katalizator)

Uporabili smo 4 % vodno raztopino H₃BO₃. Borova kislina ima zelo blago toksičnost, zato nismo potrebovali osebnih zaščitnih sredstev. Postopek priprave je podoben že prej opisanemu postopku MELDUR + H₂O, le da moramo pri tem postopku upoštevati še dodaten volumen borove kisline, raztopljene v vodi. Raztapljanje kristalov H₃BO₃ je zelo dolgotrajno. V našem primeru je mešanje potekalo eno uro.

Razmerje MELDUR + H₂O + katalizator:

$$5 \% \text{ raztopina: } 477,6 \text{ g Meldur} + 1000 \text{ g } 4 \% \text{ H}_3\text{BO}_3 + 2522,4 \text{ g H}_2\text{O} = \underline{4000 \text{ g}} \quad \dots(5)$$

$$10 \% \text{ raztopina: } 955,2 \text{ g Meldur} + 1000 \text{ g } 4 \% \text{ H}_3\text{BO}_3 + 2044,8 \text{ g H}_2\text{O} = \underline{4000 \text{ g}} \quad \dots(6)$$

3.2.4 Kemična modifikacija vzorcev lesa s sredstvom Meldur

Navzemanje sredstva je potekalo v podtlaku, in sicer v laboratorijski vakuumsko tlačni komori. Za impregnacijo smo uporabili pripravljene raztopine MELDUR, kot je opisano v poglavju 3.2.2 ter 3.2.3. Pred zalitjem je bilo treba pravilno razporediti vzorce po posodi. Na dno posode smo najprej položili polietilensko mrežo, ki bo omogočila celotno zalitje vzorcev. Vzorci so razporejeni tako, da se ne dotikajo, zato smo tudi med naslednje plasti namestili mrežo (slika 7). Na koncu smo položili še zadnjo mrežo in na njo svinčene uteži. Obtežitev je preprečevala dvig vzorcev na površje tekočine. Tako pripravljene vzorce smo prelili z že prej pripravljenimi 4000 g raztopine. Posodo smo nato položili v komoro, ki smo jo začeli vakuumirati. Komora je morala doseči podtlak 0,93 mbara. Po izpostavitvi predvidenim pogojem smo jih v vakuumu vzdrževali 10 minut, do-vakuumiranje je sledilo čez 30 minut. Celotno vakuumiranje je potekalo 60 min. Vzorce smo po končanem vakuumiranju pustili v komori mirovati še eno uro.

Sledilo je tehtanje impregviranih vzorcev. Vzorce smo najprej obrisali in šele nato stehali. Tako je bila zagotovljena večja natančnost meritev (mase so bile podane v gramih na dve decimalki natančno).



Slika 7: Razporeditev vzorcev za impregnacijo. Foto: Janez Rot

3.2.5 Navzem raztopine Meldur po kemični modifikaciji

Navzem je definiran kot količina sredstva, ki jo je les vpil med procesom kemične modifikacije – impregnacije. Pri kemični modifikaciji – impregnaciji ga izražamo v enotah, ki jih določa oblika izdelka. Mokri navzem smo določali takoj po končani kemični modifikaciji – impregnaciji. Vzorce smo stehali na laboratorijski tehtnici na dve decimalki natančno. Sledila je obdelava podatkov.

Osnova za določitev navzema so podatki mas absolutno suhih vzorcev, ki smo jih določili na začetku. Razlika mas pomeni mokri navzem sredstva, ki smo ga izrazili v kg/m^3 .

Izračun smo opravili po sledeči formuli:

$$m_n = (m_2 - m_1) / V \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \quad \dots(7)$$

m_n – mokri navzem sredstva

m_2 – masa vzorca po kemični
modifikaciji – impregnaciji

m_1 – masa absolutno suhega vzorca

V – volumen vzorca

3.2.6 Postopek utrjevanja kemično modificiranega lesa

Priprave na utrjevanje se začnejo s sušenjem kemično modificiranih vzorcev na nižjo vlažnost. Vzorce smo razporedili na pladenj laboratorijskega sušilnika ter jih sušili tri dni pri 45 ± 1 °C. Po končanem sušenju smo vzorce razporedili na pladenj, ovit s folijo. Vzorci so bili razporejeni tako, da je bilo z vseh strani omogočeno ogrevanje (slika 8). V komoro smo vstavili tudi kontrolni vzorec (istih dimenzij), ki je imel v sredini luknjo z vstavljenno temperaturno sondo (sonda omogoča dejansko spremljanje temperature v sredini vzorca). Pred začetkom segrevanja smo znižali tlak komore na 0,93 mbara. Podtlak omogoča vzpostavitev nizke koncentracije kisika v komori. Utrjevanje se začne ob doseženi temperaturi 170 °C v sledilnem vzorcu. Po treh urah utrjevanja komoro ponovno vakuumiramo 10 min. Vzorce smo vzeli iz komore šele po ohlajanju komore pod 100 °C (slika 8).



Slika 8: Vzorci, pripravljene na termično modifikacijo (levo), termično obdelani in dva neobdelana vzorca (desno). Foto. Marko Uršič

Termično utrjene vzorce smo ponovno sušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi $103\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. Sušenje je potekalo 24 ur. Sledilo je še tehtanje za nadaljnjo določitev spremembe mase zaradi vnosa reagenta (mase so bile podane v gramih na dve decimalki natančno).

3.2.7 WPC (določanje spremembe mase zaradi vnosa reagenta)

WPC (Weight Percent Change) – sprememba mase zaradi postopka modifikacije lesa odraža odstotno povečanje ali zmanjšanje začetne mase po končani modifikaciji. Povečanje mase je posledica vezanja reagenta na celične stene. Višji kot je WPC, višja je stopnja modificiranega lesa. Na negativni vnos vpliva povišana temperatura, ki povzroča degradacijo lesa in tako zmanjša prvotno maso. Tehtanje vzorcev smo opravili pri absolutno suhem stanju po opravljeni modifikaciji, vrednost WPC smo določali gravimetrično (8).

Izračun smo opravili po sledeči formuli:

$$WPC = [(m_2 - m_1) / m_1] \times 100(\%) \quad \dots(8)$$

WPC = povečanje mase zaradi vnosa reagenta

m_1 = masa absolutno suhega nemodificiranega vzorca

m_2 = masa absolutno suhega modificiranega vzorca

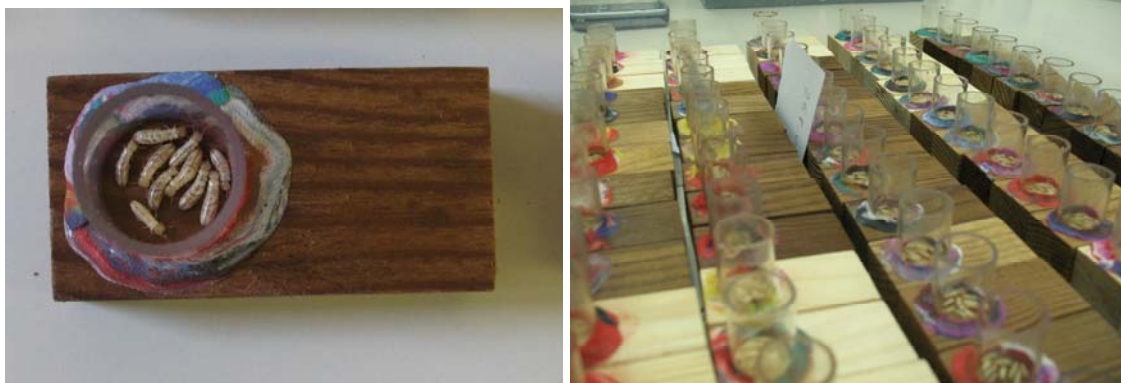
3.2.8 Izpiranje/umetno staranje vzorcev

Vzorci se izpirajo z namenom odstranitve nevezanega sredstva iz vzorca. Izpiranje/umetno staranje poteka v skladu s standardom SIST EN 84 (1996).

Za izpiranje smo izbrali le vzorce, ki so bili tretirani z raztopino MELDUR. Izbrane vzorce smo nato še ločili glede na koncentracijo in temperaturo utrjevanja. Vzorce smo razporedili in jih obtežili tako, kakor je opisano v postopku kemične modifikacije. Na zložene vzorce smo v posodo nato nalili destilirano vodo, ki ustreza petkratnemu volumnu lesa. Sledilo je vakuumiranje, s katerim smo omogočili popolno prepojitev vzorca. Napolnjeno posodo smo vstavili v vakuumirno kompresijsko komoro in začeli vakuumirati. Postopek se je začel z vzpostavljenim podtlakom 0,93 mbara in je trajal 20 minut. Vzorce smo po končanem vakuumiranju pustili v isti vodi še dve uri, nato smo jo zamenjali z novo. Izpiranje je potekalo 14 dni z devetimi zamenjavami. Prva je bila čez en dan, naslednja drugi dan. Preostale so si sledile z intervali, ki niso bili manjši od enega dne in ne večji od treh dni. Po končanem postopku izpiranja smo vzorce tri dni sušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 45 °C.

3.2.9 Izpostavitve vzorcev rumenovratemu termitu (*Kaloterme flavicollis*)

Izpostavitve *Kaloterme flavicollis* temelji na Beckerjevi metodi (1969). Poskus smo začeli s pripravo vzorcev. S pomočjo plastelina smo na vsak vzorec pritrdili steklen obroček dimenzij $\varnothing 10 \times 20$ mm. Nato smo v vsak obroček namestili po 10 delavcev rumenovratega termita (slika 9). Vzorce s termiti smo položili v skupno plastično posodo. Posoda je onemogočala morebiten pobeg termitov in zadrževala vlago, ki je morala biti okoli 90 %. Posodo smo zaprli in jo položili v rastno komoro s stabilno klimo in temperaturo 24 °C. Po dveh dneh smo preverili umrljivost termitov. Vzrok začetnega pogina so bile poškodbe pri vstavljanju termitov. Umrle termite smo zamenjali z novimi. Poskus je trajal en mesec. Vsak teden smo prešteli število umrlih termitov, ki smo jih odstranili iz steklenih obročkov.



Slika 9: Prikaz poskusa z metodo steklenih obročkov po Beckerju (1969)

Na koncu poskusa smo glede na poškodbe ocenili stopnjo napada (preglednica 4, slika 10).
Ocene poškodb smo določili vizualno, na podlagi petstopenjske lestvice (preglednica 4).

Preglednica 4: Lestvica ocen poškodb lesenih vzorcev zaradi delovanja termitov

Ocena	Opis ocene
0	niso jedli/les je nepoškodovan
1	manjše, komaj vidne poškodbe površine
2	večje, površinske poškodbe
3	luknje/globoke poškodbe
4	večje luknje/zelo globoke poškodbe
5	zasnova komore



Slika 10: Poškodba vzorca borovine (termična modifikacija 170 °C, brez reagenta). Foto. Marko Uršič

4 REZULTATI

4.1 MOKRI NAVZEM VZORCEV

Navzem smo določili po že opisanem postopku v točki 3.2.5., rezultati so sledeči:

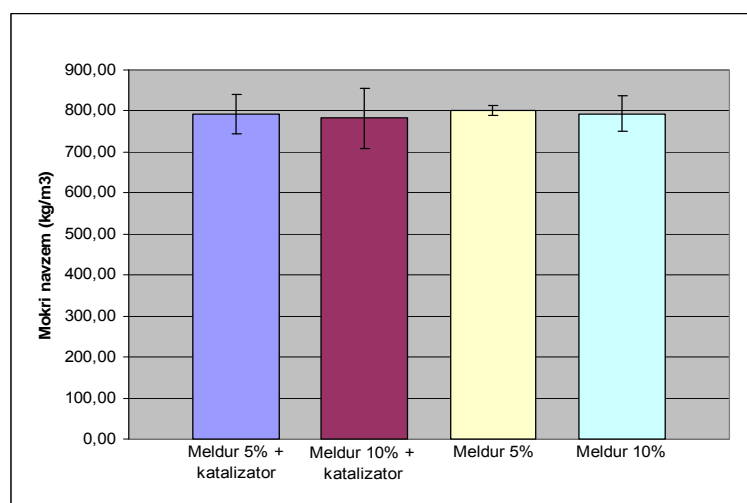
Navzem pri vzorcih smrekovine je znašal med 625 in 763 kg/m³. Višji navzem je bil zabeležen pri vzorcih, ki so bili kemično modificirani s 5 % koncentracijo Meldura, nižji pa pri vzorcih, ki so bili prepojeni z 10 % koncentracijo (preglednica 5).

Pri boru je navzem pri vseh štirih mešanicah Meldura primerljiv. Vzrok minimalnih odstopanj je v boljši impregnabilnosti beljave borovega lesa. Ravno nasprotni pojav je prikazan v sliki 12. Smrekovina ima bistveno slabšo impregnabilnost kakor beljava borovine, zato je mokri navzem reagentov nižjih koncentracij višji. Po standardu EN 350 – 2 je ocena impregnabilnosti beljave borovega lesa 1, za smrekovino pa 3 (lestvica je štiristopenjska). Najboljšo impregnabilnost ima les z oceno 1, najslabšo pa z oceno 4.

Preglednica 5: Navzem vzorcev po kemični modifikaciji v odvisnosti od lesne vrste in sestave reagenta. Poleg mase je podan standarden odklon.

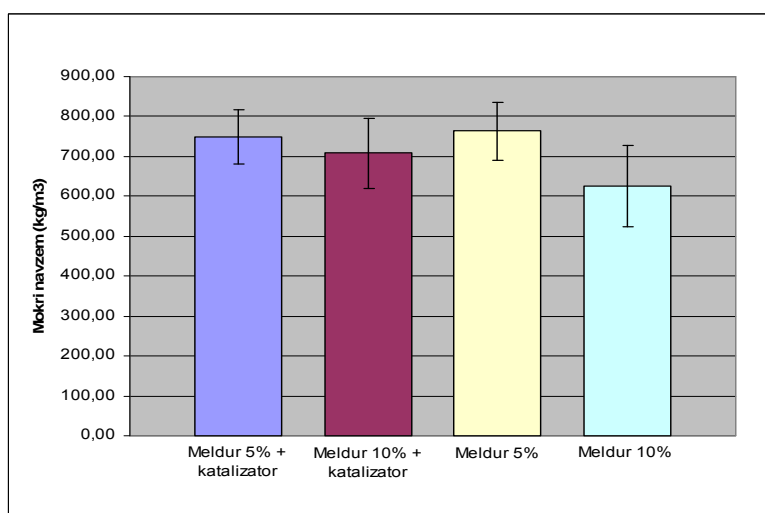
Obdelava	Mokri navzem (kg/m ³)	
	Smrekovina	Borovina
Meldur 5 % + katalizator	749 ± 68	792 ± 48
Meldur 10 % + katalizator	708 ± 88	782 ± 74
Meldur 5 %	764 ± 72	801 ± 11
Meldur 10 %	625 ± 102	793 ± 43

Vzorci borovine so se pri navzemu le minimalno razlikovali glede na sestavo reagenta. Najvišji navzem smo zabeležili pri vzorcih, prepojenih s 5 % raztopino Meldur ter pri 10 % raztopini Meldur brez katalizatorja (793 kg/m³). Nekoliko nižji navzem so dosegli vzorci, prepojeni z 10 % raztopino Meldur s katalizatorjem H₃BO₃ (782 kg/m³).



Slika 11: Mokri navzem reagentov pri vzorcih borovine v odvisnosti od kemijske sestave reagentov po kemični modifikaciji

Impregnabilnost smreke je slabša, zato so razlike med raztopinami večje. Meldur 5 % je najbolje prodrl v vzorce iz smrekovega lesa (764 kg/m^3). Drugo najvišjo vrednost so dosegli vzorci smrekovine, prepojeni z reagentom Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja (749 kg/m^3). Vzorci, kemično modificirani z 10 % koncentracijo Meldura in dodatkom katalizatorja, so imeli nižji navzem od vzorcev, modificiranih s 5 % koncentracijo ter dodatkom katalizatorja, znašal je 708 kg/m^3 . Najmanj je v vzorce smrekovega lesa prodrla raztopina 10 % Meldura brez katalizatorja. Navzem je kar za 138 kg/m^3 manjši kakor pri raztopini Meldur 5 % brez katalizatorja (slika 12).



Slika 12: Mokri navzem reagentov pri vzorcih smrekovine v odvisnosti od kemijske sestave reagentov po kemični modifikaciji

4.2 DOLOČANJE SPREMEMBE MASE ZARADI VNOSA REAGENTA

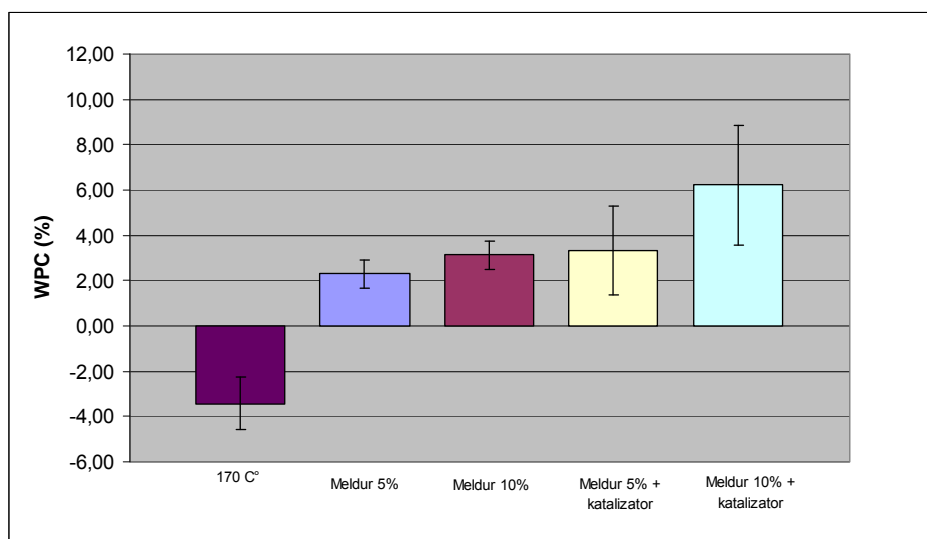
Po končani modifikaciji je WPC pri vzorcih smrekovine znašal med -2,87 in 0,7 %, pri borovini pa od -3,42 do 2,92 %.

Pri vzorcih modificiranega borovega lesa lahko opazimo znatno višji WPC kot pri vzorcih smrekovine. Višja permeabilnost borovine je omogočila boljši vnos sredstva, suha snov tega je povečala končno maso. WPC je višji pri vzorcih, ki so kemično modificirani z višjo koncentracijo Meldura. Najvišji WPC opazimo pri vzorcih, ki so kemično modificirani z Meldurom 10 % ter dodatkom 4 % katalizatorja. Katalizator, ki pospešuje utrjevanje, omogoča boljšo vezavo sredstva s celulozo, zato je zabeležena največja masa prav pri omenjenem postopku. Najnižji WPC je zabeležen pri vzorcih Meldur 5 % (preglednica 6; slika 13 in 14) Vzorci, obdelani s povišano temperaturo brez reagenta, so dosegli negativne vrednosti.

Preglednica 6: WPC v odvisnosti od postopka modifikacije in lesne vrste

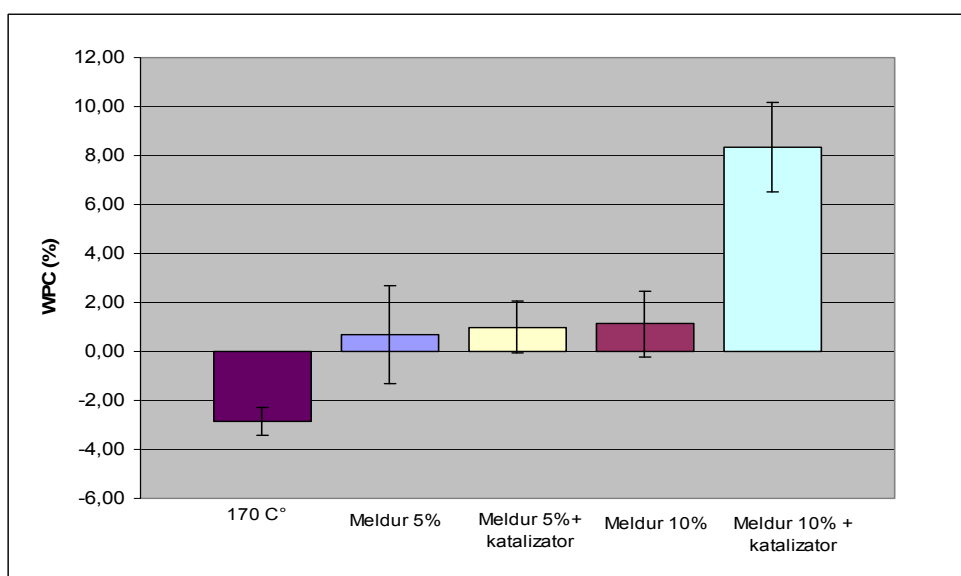
Modifikacija	WPC (%)	
	Smreka	Bor
Meldur 5 % + katalizator	1 ± 1,03	3,32 ± 1,95
Meldur 10 % + katalizator	8,35 ± 1,83	6,22 ± 2,65
Meldur 5 %	0,7 ± 1,99	2,29 ± 0,64
Meldur 10 %	1,12 ± 1,35	3,12 ± 0,62
170 °C	-2,87 ± 0,59	-3,42 ± 1,16

Borovi vzorci so imeli najvišji WPC pri postopku 10 % Meldurjeve raztopine z dodatkom katalizatorja H₃BO₃ (6,22 %). Polovični WPC od najvišjega smo zabeležili pri vzorcih s postopki Meldur 10 % in Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja. V tem primeru smo določili WPC 3 %. Najmanjši WPC je bil zabeležen pri raztopini 5 % Meldura (slika 13). Negativne vrednosti so nastale pri utrjevanju kemično neobdelanega lesa. Pri teh vzorcih smo zabeležili celo negativni WPC (-3,42 %).



Slika 13: WPC pri borovih vzorcih v odvisnosti od tipa modifikacije

Pri smrekovih vzorcih smo določili najvišji in obenem tudi najnižji WPC. Najvišji WPC smo prav tako kot pri borovini dosegli z reagentom koncentracije 10 % Meldura in dodatkom katalizatorja (8,35 %). Drugi najvišji WPC je bil dosežen pri impregniranih vzorcih z 10 % koncentracijo Meldura (1,12 %) (slika 14). WPC pri vzorcih, ki so bili impregnirani s 5 % koncentracijo Meldura in dodatkom katalizatorja, ima primerljive vrednosti (1 %). Najnižji WPC je prav tako kot pri borovih vzorcih nastal z raztopino 5 % Meldura, ki je imela vnos samo 0,7 %. Negativna vrednost je prav tako kot pri borovini nastala s postopkom termične modifikacije 170 °C, ta je bila -2,87 %.



Slika 14: Prikaz WPC pri drevesni vrsti smreke z različnimi postopki modifikacije

4.3 SMRTNOST TERMITOV

Preživetje termitov smo spremljali tedensko. Mortaliteteta je različna glede na vrsto modifikacije. Najuspešnejši postopek modifikacije je tisti, ki zabeleži najvišjo smrtnost. To pomeni, da so se termiti zastrupili ali pa niso imeli ustrezne hrane, ki bi bila prebavljiva s simbionti.

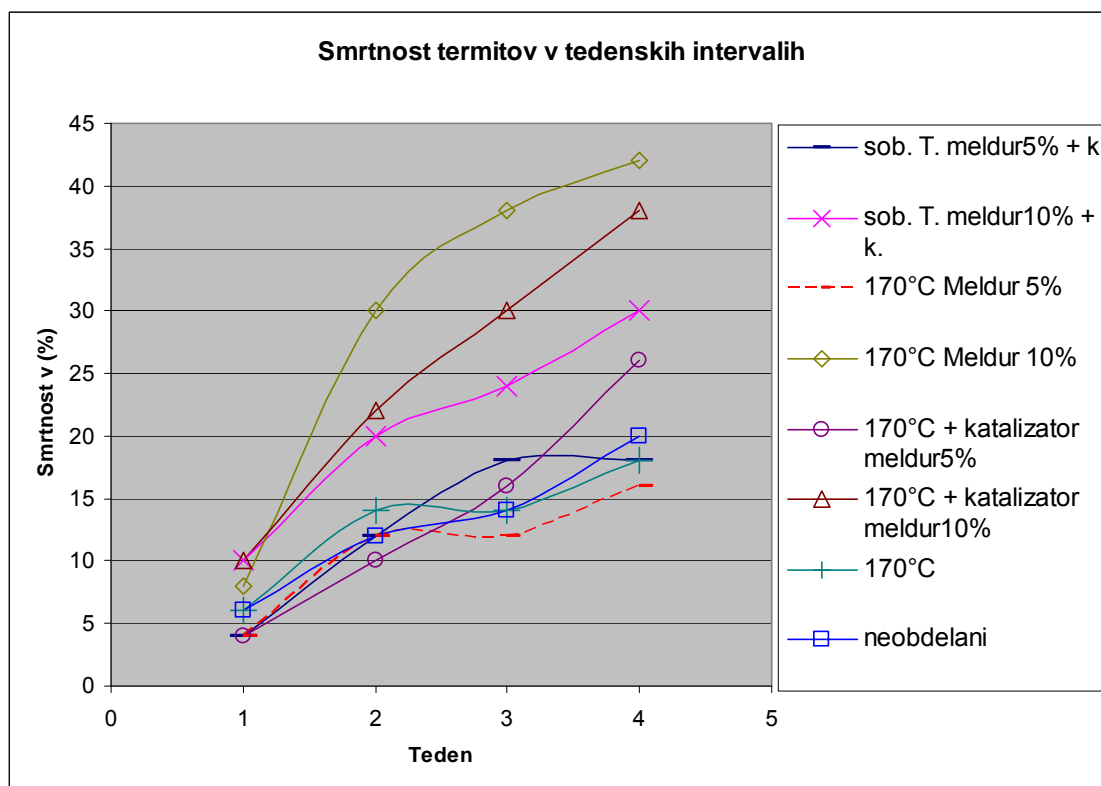
4.3.1 Borovi vzorci

V primeru modificiranih borovih vzorcev je najvišja mortaliteteta zabeležena pri postopku 170 °C z 10 % sredstvom Meldur. Že ob koncu drugega tedna testiranja je bila mortaliteteta 30 %, na koncu četrtega tedna pa 42 %. Druge najvišje vrednosti smrtnosti smo prav tako zabeležili pri postopkih, kjer smo uporabili 10 % koncentracijo Meldura. Le pri vzorcih, ki so bili utrjeni pri sobni temperaturi, je zaznana nekoliko nižja mortaliteteta, v nobenem primeru pa ni nižja od 30 %. Vzorci, ki so bili modificirani z reagentom Meldur z dodatkom katalizatorja in temperaturno modifikacijo, kažejo dobre rezultate odpornosti na termite tudi že pri nižjih koncentracijah sredstva Meldur. Tako je smrtnost na koncu poskusa 26 %. Katalizator omogoča hitrejše zamreženje sredstva, domnevamo, da se je večji del reagenta vezal na celulozo, kar je povečevalo smrtnost. Pri termično modificiranih vzorcih na 170 °C je bila mortaliteteta zelo nizka, zato štejemo to modifikacijo za manj učinkovito, saj je med izpostavitvijo odmrlo le 18 % termitov. Na kontrolnih vzorcih je bila prav tako zabeležena nizka mortaliteteta (20 %).

Preglednica 7: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri borovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije

<i>Obdelava</i>	<i>Smrtnost v tedenskih intervalih (%)</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
sob. t. Meldur + katalizator 5 %	4	12	18	18
sob. t. Meldur + katalizator 10 %	10	20	24	30
170 C° Meldur 5 %	4	12	12	16
170 C° Meldur 10%	8	30	38	42
170 C° Meldur + katalizator 5 %	4	10	16	26
170 C° Meldur + katalizator 10 %	10	22	30	38
kotrolni vzorci 170 C°	6	14	14	18
kontrolni vzorec	6	12	14	20

Termiti so na omenjenih vzorcih umrli najverjetneje zaradi poškodb pri nastavljanju poskusa (preglednica 7, slika 15).



Slika 15: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri borovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije

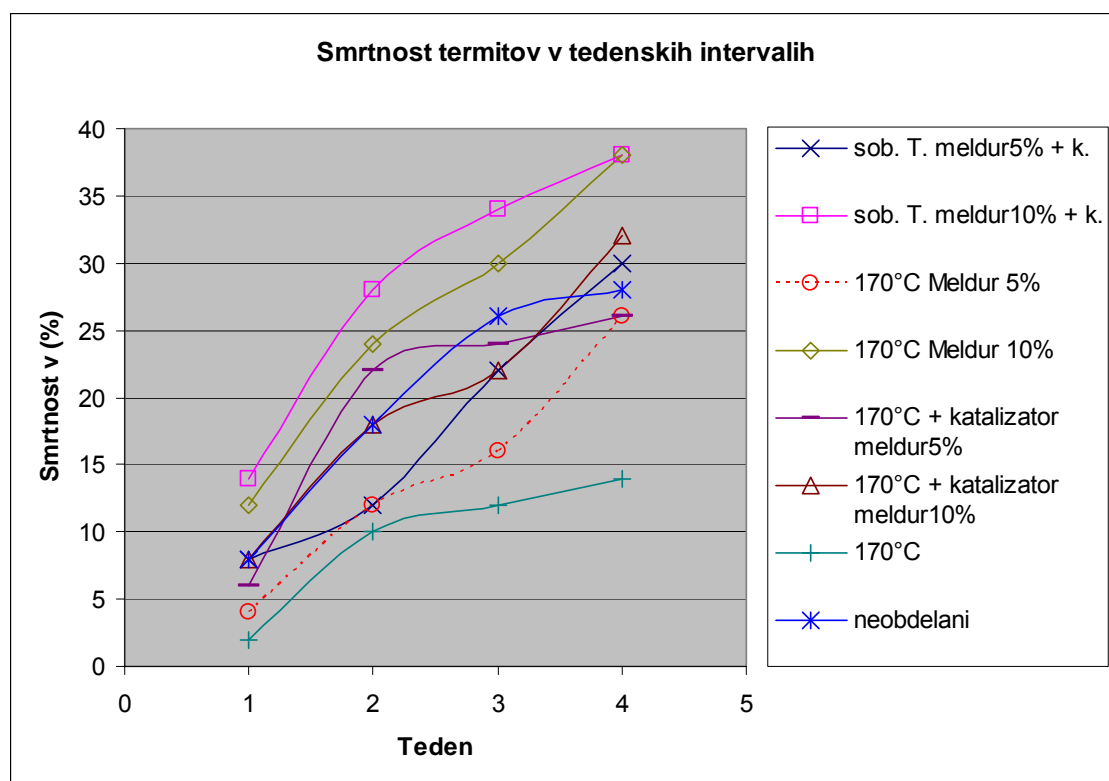
4.3.2 Smrekovi vzorci

Najvišjo smrtnost smo prav tako kot pri lesu bora zabeležili pri vzorcih s postopkom 10 % Meldura, utrjenega na 170 °C, ta je bila 38 %. Primerljivo smrtnost smo dosegli pri vzorcih, modificiranih z isto koncentracijo Meldura in dodatkom H_3BO_3 , utrjenih pri sobni temperaturi. V obeh primerih je bila tedenska smrtnost zelo visoka – od 4 do 10 %. 8 % nižjo mortaliteto smo zabeležili pri postopku s sobno temperaturo ter 5 % mešanico sredstva. Nekoliko nižja smrtnost je bila pri vzorcih, utrjenih na 170 °C ter kemično modificiranih s 5 % Meldura, z in brez katalizatorja (26 %). To pomeni, da je nizka koncentracija manj spremenila hranilne lastnosti lesa v primerjavi z 10 % koncentracijo. Termite na kontrolnih vzorcih so imeli nekoliko višjo smrtnost, kar lahko pripišemo poškodbam termitov pri nastavljanju poskusa. Najboljše pogoje za preživetje so imeli

termiti pri postopku s samo termično modifikacijo na 170 °C. V štirih tednih je umrlo samo 14 % termitov (preglednica 8, slika 16).

Preglednica 8: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri smrekovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije

<i>Obdelava</i>	<i>Mortaliteta v tedenskih intervalih (%)</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
sob. t. Meldur + katalizator 5 %	8	12	22	30
sob. t. Meldur + katalizator 10 %	14	28	34	38
170 C° Meldur 5 %	4	12	16	26
170 C° Meldur 10 %	12	24	30	38
170 C° Meldur + katalizator 5 %	6	22	24	26
170 C° Meldur + katalizator 10 %	8	18	22	32
kotrolni vzorci 170 C°	2	10	12	14
kotrolni vzorec	8	18	26	28



Slika 16: Smrtnost termitov v tedenskih intervalih pri smrekovih vzorcih v odvisnosti od postopka modifikacije

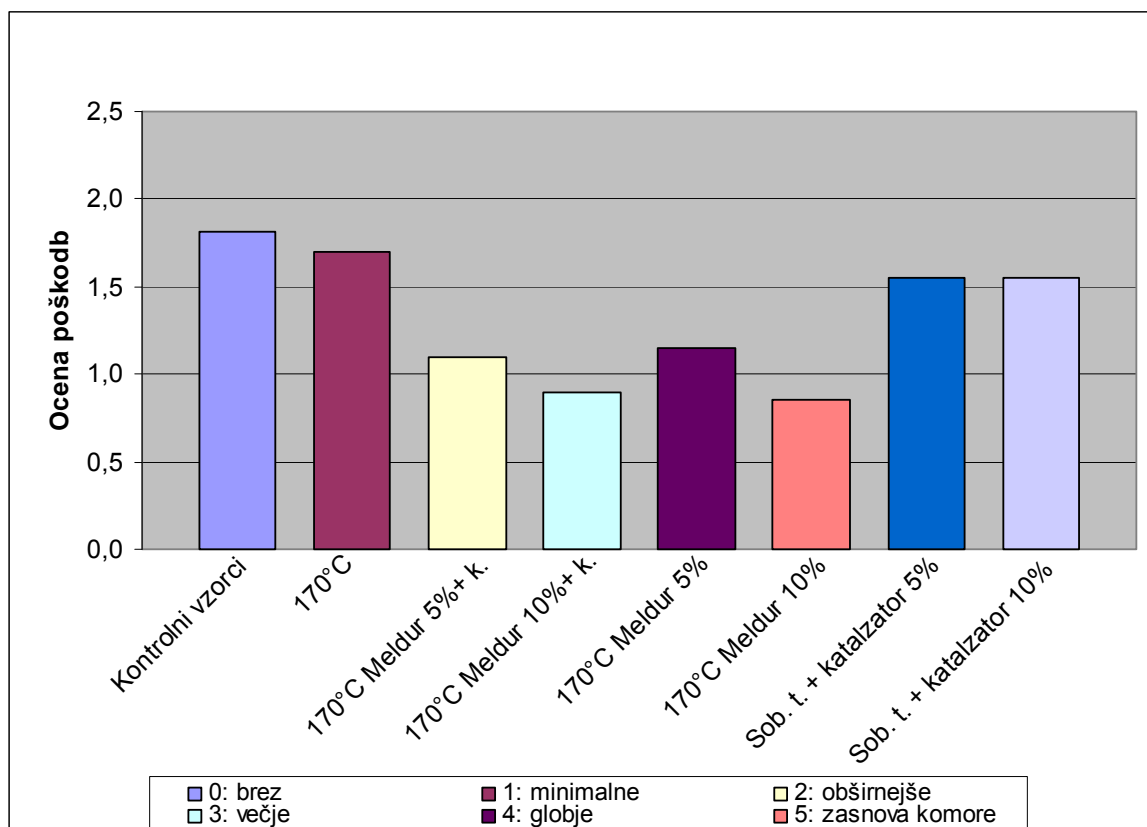
4.4 OCENA POŠKODB

Poškodbe na vzorcih so dober pokazatelj aktivnosti insektov. Manjše so poškodbe, boljša je zaščita. Ocene so določene z lestvico od 0 do 5 (preglednica 4). Vsaka ocena na lestvici ima svoje predpisane poškodbe, ki jih upoštevamo pri ocenjevanju.

Najnižje ocene poškodb smo zabeležili pri vzorcih višje koncentracije sredstva v kombinaciji s termično modifikacijo (Meldur 10 % z ali brez katalizatorja, utrjeni s temperaturo 170 °C). Vzorci so bili skoraj nedotaknjeni, to pomeni, da jih termiti niso prepoznali kot hrano. Nekoliko slabše rezultate smo dosegli z nižjo koncentracijo v kombinaciji s termično modifikacijo. Rezultati pri termično nemodificiranih vzorcih, ki so bili predhodno samo kemično modificirani, prav tako niso bili najboljši. Sredstvo, ki ščiti les pred škodljivci, ni bilo utrjeno. Sklepamo, da se je sredstvo med izpiranjem spralo iz zunanje plasti vzorcev in tako je bila zaščita delno neučinkovita. Kontrolni vzorci pri smrekovini so imeli poškodbe, primerljive z neutrjenimi kemično modificiranimi vzorci z raztopino Meldur. Borovi vzorci so imeli pri omenjenih postopkih večje poškodbe.

Borovina

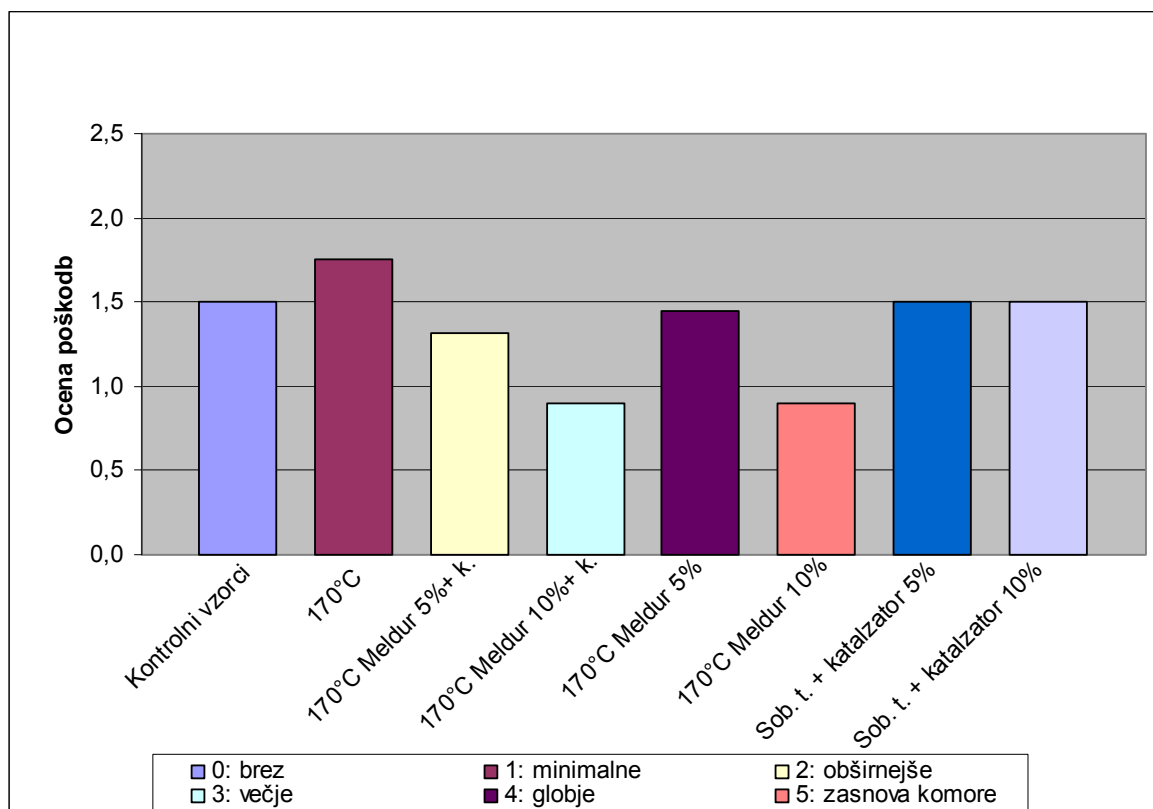
Skoraj nedotaknjeni so bili vzorci, obdelani s postopkoma Meldur 10 % z in brez katalizatorja na 170 °C. Vzorci, kemično modificirani s sredstvom Meldur s katalizatorjem, so imeli oceno 0,85, tisti brez pa 0,9 (slika 17). Nekoliko slabšo, vendar še vedno zadovoljivo zaščito sta nudila postopka Meldur 5 % z in brez katalizatorja. Ocena poškodb na vzorcih, kemično modificiranih s sredstvom s katalizatorjem, je bila 1,31, brez pa 1,45. Slabša odpornost na termite je bila zabeležena pri vzorcih, kemično modificiranih z Meldurom 5 in 10 % s katalizatorjem in brez utrjevanja na 170 °C. Njuna ocena je bila 1,55. Večje poškodbe so utrpeli vzorci, obdelani s termično modifikacijo 170 °C. V nekaterih vzorcih so bile opazne večje luknje, ki so bile posledica krhkejšega lesa po modifikaciji – ta omogoča lažje uvtavanje termitov. Ocena je bila 1,7. Kontrolni vzorci so po pričakovanjih dosegli slabo oceno – 1,82.



Slika 17: Ocena poškodb modificiranih in nemodificiranih borovih vzorcev, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu

Smrekovina

Smrekovi vzorci so imeli manjše poškodbe kot borovi. Najmanjše poškodbe so bile pri vzorcih, modificiranih po postopku Meldur 10 % z in brez katalizatorja, termično utrjenih na 170 °C, ocena obeh je bila 0,90. Nekoliko slabši je bil rezultat pri vzorcih, kemično modificiranih s 5 % koncentracijo Meldura in dodatkom katalizatorja, povprečna ocena je bila 1,31. Najslabšo zaščito izmed temperaturno utrjenih mešanic je nudil postopek 5 % Meldura brez katalizatorja z oceno poškodb 1,45. Enako oceno sta dosegla oba postopka brez termičnega utrjevanja ter kontrolni vzorci (ocena 1,50). Tudi v primeru smrekovine so vzorci, ki so bili samo termično modificirani, utrpeli največje poškodbe. Te so ustrezale oceni 1,75 (slika 18).



Slika 18: Ocena poškodb modificiranih in nemodificiranih smrekovih vzorcev, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu

0 - niso jedli/les je nepoškodovan

1 - manjše, komaj vidne poškodbe površine

2 - večje, površinske poškodbe

3 - luknje/globoke poškodbe

4 - večje luknje/zelo globoke poškodbe

5 - zasnova komore

Največje poškodbe so utrpeli vzorci, obdelani samo s postopkom termične modifikacije (170 °C). Večje poškodbe so posledica zmanjšane mehanske odpornosti in pomanjkanja zaščitnega sredstva.

5 RAZPRAVA

Rezultati kažejo, da je učinkovitost sredstva MELDUR dobra v kombinaciji s termično modifikacijo, ki omogoča premreženje sredstva. V preteklosti so že izvedli določene raziskave na Melduru, kot so dimenzijske stabilnosti, fungicidne lastnosti, sorpcijske lastnosti in odpornost na žarke UV. V naši nalogi smo raziskali še neraziskano področje, in sicer insekticidne lastnosti lesa, modificiranega z Meldur-DMES. Biotski dejavniki so zelo pomembni pri degradaciji lesa, največkrat so kombinirane glive skupaj z insekti.

Navzem sredstva je bil pri borovih vzorcih nekoliko višji kot pri smrekovih. Opazen je prav tako primerljiv navzem med različnimi mešanicami sredstva. Les bora je zelo permeabilen, zato omogoča podobno penetracijo ne glede na koncentracijo sredstva. Navzem pri borovini je bil povprečno 800 kg/m^3 , pri smrekovini pa so bili rezultati nekoliko drugačni, saj so bile vrednosti višje in razlike med mešanicami precej očitne. Navzem 5 % mešanice je večji kakor 10 %. Smrekovina ima slabšo penetracijo, kar se najbolj opazi pri višjih koncentracijah sredstva. Pri 5 % mešanici je zabeleženega 764 kg/m^3 navzema, pri 10 % s katalizatorjem je navzem višji od 10 % mešanice brez katalizatorja. Predpostavljamo, da katalizator nekoliko znižuje njeno viskoznost in omogoča boljšo penetracijo sredstva.

Sredstvo dosega visoko učinkovitost pri zamreženju reagenta. Na uspešno vezanje reagenta lahko sklepamo glede na povišano maso, ki jo spremljamo preko koeficienta WPC.

Vzorci, ki so bili samo termično modificirani, beležijo 3 % izgubo mase. Vsem ostalim vzorcem, ki so bili tudi kemično modificirani z DMDHEU, se je masa povečala. Do povečanja mase je prišlo zaradi reakcije reagenta z lesom in samozamreženja. Mase se razlikujejo med koncentracijami in mešanicami z ali brez katalizatorja. Višja koncentracija pomeni več suhe snovi, zato so te mase vzorcev večje kot pri vzorcih, modificiranih z nižjo koncentracijo reagenta.

Povečanje mase je bilo zabeleženo v minimalnih vrednostih, saj je bila uporabljena koncentracija zelo nizka. Najvišji WPC je bil dosežen pri vzorcih, kemično modificiranih s sredstvom Meldur 10 % s katalizatorjem, tako pri lesu smreke kot pri lesu bora. WPC je dvakrat večji kot pri drugih postopkih. Glavno vlogo je tukaj odigral katalizator, ki je

omogočil dobro premreženje sredstva pri temperaturi 170 °C. Vzorci bora imajo na splošno višji WPC kot vzorci smreke. Nižji WPC je bil zabeležen pri postopku Meldur 5 % s katalizatorjem. Pri Melduru 10 % so si vrednosti zelo podobne. Mešanici z nižjo koncentracijo je dodan katalizator H₃BO₃, ki omogoča, da je večina sredstva vezanega. WPC je tako primerljiv z mešanico Meldur 10 % brez katalizatorja in mešanico Meldur 5 % s katalizatorjem. WPC je najnižji pri 5 % mešanici brez katalizatorja. Dobra vezava sredstva je odločilnega pomena, saj ne pomeni le boljše zaščite, temveč tudi povišano odpornost proti izpiranju sredstva.

Učinkovitost sredstva lahko določimo na več načinov. Eden od teh je spremljanje mortalitete insektov. Poskus smo izvedli po Beckerjevi metodi steklenih obročkov. Največja umrljivost je pri vzorcih, modificiranih z višjo koncentracijo Meldura, in sicer: 170 °C Meldur 10 % s katalizatorjem, 170 °C Meldur 10 %, sobna temperatura Meldur 10 % s katalizatorjem. V prvem tednu je umrljivost zelo visoka. To umrljivost lahko pripišemo poškodbam pri nameščanju termitov. Delno vpliva tudi tako delovanje sredstva, ker je začetna umrljivost večja pri vzorcih z višjo koncentracijo Meldura. Povečana umrljivost je opazna tudi v ostalih treh tednih. Nižje koncentracije Meldura (5 %) so manj toksične. Med različnimi postopki v območju iste koncentracije ni občutnih razlik. Le pri vzorcih bora izstopa postopek 170 °C Meldur 5 % s katalizatorjem. Ti vzorci imajo znatno višjo umrljivost od preostalih. Najverjetneje je katalizator izboljšal modifikacijo lesa, ki ni bil več ustrezna hrana za termite, upoštevati pa moramo tudi toksičnost vnesene borove kisline. Ta je nedvomno pripomogla k omenjenemu, saj Greace s sodelavci navaja, da že 0,35 % zadostuje za pogin vseh termitskih delavcev v treh tednih. V našem primeru smo uporabili 4 % borove kisline kot katalizator, ta ni dosegla svoje polne moči pri končnem testu, saj so bili vzorci predhodno izprani po standardu SIST EN 84. Vzorci, ki so bili samo termično modificirani (170 °C), so imeli najnižjo mortaliteto, nižjo tudi od kontrolnih vzorcev. Termična degradacija in izhlapevanje ekstraktivnih komponent sta vzroka za povečano preživetje termitov (les postane bolj dovzeten za termite). To pomeni, da sama termična modifikacija ne predstavlja ustrezne zaščite proti termitom.

Smrtnost termitov še ne pomeni, da niso povzročili škode. Zato je pomembna tudi vizualna ocena poškodbe lesa, ki je sestavni del metode po Beckerju. Z oceno lahko ugotovimo,

katera vrsta zaščite je bila najučinkovitejša in je predstavljala odpornost proti napadu. Minimalne poškodbe so se pojavile na najbolje zaščitenem lesu, in sicer pri vzorcih, modificiranih s postopki 170 °C Meldur 10 % s katalizatorjem in 170 °C Meldur 10 % brez katalizatorja. Poškodbe so bile minimalne, iz česar lahko sklepamo, da so nastale, ker so termiti sami začeli dolbsti v najmehkejši material. Nekoliko slabše, vendar še vedno zadovoljivo, sta se odrezala postopka 170 °C Meldur 5 % in 170 °C Meldur 5 % s katalizatorjem. Oba sta bila termično obdelana prav tako kakor predhodna. Temperatura je odigrala ključno vlogo zamreženja. V kombinaciji s katalizatorjem je modificirala les tudi že pri nižjih koncentracijah Meldura. Termiti so povzročili nekoliko več škode pri vzorcih, ki so bili samo modificirani z Meldurom brez temperature. Poškodbe se ne razlikujejo med seboj. Pred začetkom poskusa smo vse vzorce izprali po standardu SIST EN 84 (1997). Omenjeni vzorci niso bili termično obdelani, kar pomeni, da je bilo sredstvo modifikacije šibkeje vezano in se je intenzivneje izločilo med postopkom izpiranja. Najbolj sprano je bilo s površine vzorca, zato so vse poškodbe bolj plitke. Tudi koncentracije reagenta se po učinkovitosti zaščite pred rumenovratim termitom med seboj niso razlikovale. Veliko izstopanje je opazno samo pri postopku 170 °C. Krhkejši material z dovolj visoko stopnjo uporabne celuloze je omogočil termitom povzročitev globokih poškodb v obliki lukenj in rovov. Poškodbe so večje od kontrolnih vzorcev, kar pomeni, da je termično modificiran les manj odporen kot neobdelan.

Med drevesnima vrstama so manjše razlike z izjemo kontrolnih vzorcev. Borovina ima nekoliko večje poškodbe kakor smrekovina. Večje poškodbe pri borovih vzorcih so najverjetneje posledica ustrežnejše zgradbe lesa za napad termitov (preglednica 9).

Preglednica 9: Ocena poškodb vzorcev smreke in bora, nastalih po izpostavitvi rumenovratemu termitu

Obdelava	Povprečna ocena	
	Smreka	Bor
sob. t. Meldur + katalizator 5%	1,50 ± 0,5	1,55 ± 0,4
sob. t. Meldur + katalizator 10%	1,50 ± 0,6	1,55 ± 0,4
170 °C Meldur 5 % + katalizator	1,31 ± 0,4	1,10 ± 0,3
170 °C Meldur 10 % + katalizator	0,90 ± 0,6	0,90 ± 0,5
170 °C Meldur 5 %	1,45 ± 0,5	1,15 ± 0,4
170 °C Meldur 10 %	0,90 ± 0,6	0,85 ± 0,2
170 °C	1,75 ± 0,7	1,70 ± 0,3
kontrolni vzorec	1,50 ± 0,5	1,82 ± 0,1

Poskus je pokazal, da je Meldur-DMES ustrezen za zaščito lesa proti termitom *Kaloterme flavicollis*. Učinkovitost sredstva je največja, kadar je uporabljeno v kombinaciji s katalizatorjem bora in termično obdelavo. Nižje koncentracije so bile manj uspešne in zato manj primerne za zaščito pred rumenovratim termitom. Vzorci smreke so bili odpornejši, vendar je razlika zanemarljiva. Pri obeh lesovih je sredstvo Meldur-DMES zelo primerno za zaščito lesa proti termitom. Odpornost kemično modificiranega lesa pa še poveča izpostavitvev temperaturi.

6 SKLEPI

Med potekom priprav vzorcev smo opazili večji navzem pri borovem lesu (preglednica 5). Posledica tega je tudi večji WPC borovine v primerjavi s smrekovino. Sredstvo ne deluje na osnovi toksičnosti, zato je umrljivost termita *Calotermes flavicollis* z Meldurom zmerna pri obeh modificiranih drevesnih vrstah. Najvišja umrljivost je bila ugotovljena pri vzorcih, modificiranih z 10 % koncentracijo z ali brez katalizatorja, utrjenih pri temperaturi 170 °C. Tudi poškodbe med izpostavitvijo termitom so bile najmanjše pri tej kombinaciji obdelave ne glede na drevesno vrsto. Sama temperaturna modifikacija ni pokazala zadovoljivih rezultatov, vendar v kombinaciji s sredstvom Meldur nudi zelo dobro zaščito proti termitom. Sredstvo Meldur-DMES je ustrezno za zaščito lesa proti termitom, vendar le z utrjevanjem pri temperaturni 170 °C ob dodatku borove kisline.

7 POVZETEK

Zaščita lesa se vedno bolj razvija, zato se uporabljajo vedno nove tehnike in preparati. V današnjem svetu je vedno več ozaveščenosti o ekologiji. Tudi v našem primeru smo raziskovali zaščitno sredstvo, ki je neoporečno do okolja. Uporabili smo sredstvo Meldur-DMES ali dimetilol-dihidroksietilenurea. Uporablja se ga že vrsto let v tekstilni industriji.

Vzorci drevesne vrste bora in smreke smo kemično modificirali z različnimi mešanicami sredstva Meldur-DMES. Določili smo jim navzem in nadaljevali s termičnim utrjevanjem vzorcev. Utrjevanje je potekalo pri temperaturi 170 °C. Utrdili smo le določen del vzorcev, druge smo pustili termično neobdelane. Služili so nam kot primerjava med termično in netermično obdelavo. Vse termično obdelane vzorce smo stehtali in jim določili WPC. Vzorce smo nato izpostavili napadu termita *Calotermes flavicollis*. Med poskusom smo spremljali smrtnost termitov, vendar je bilo umiranje teh bolj povezano s pomanjkanjem ustrezne hrane kot pa s toksičnostjo Meldura. Po končanem štiritedenskem obdobju poskusa smo določili še ocene poškodb. Izkazalo se je, da so najbolj odporni proti termitom vzorci, utrjeni pri temperaturi 170 °C in kemično modificirani z Meldurom 10 % s katalizatorjem ter brez katalizatorja. Nekoliko slabše rezultate sta dosegli nižji koncentraciji pri enaki obdelavi. Za manj učinkovita sta se izkazala postopka, pri katerih nismo uporabili termičnega utrjevanja.

8 VIRI

Ashaari Z., Barnes H.M., Vasishth R.C., Nicholas D.D., Lyon D.E. 1990. Effect of Aques on Polymer Treatments on Wood Properties. Part I: Treatability and Dimensional Stability Z., The International Research Group on Wood Preservation, Document No.: IRG/WP 80-3610, 12 str.

BioSite. 2006. <http://www.biosite.dk/leksikon/imidazol.htm> (06. jan. 2006)

Bižal U., 2008. Higroskopnost in dimenzijska stabilnost lesa modificiranega z derivatom imidiazola. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 5-7

Gorišek Ž. 1994. Sušenje lesa. Ljubljana, Lesarska založba, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije: 235 str.

Hill CAS. 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes. Chichester, John Wiley & Sons Ltd., Chichester: 239 str.

Hribar M., 2001. Modifikacija beljave smreke z acetamidom. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 59 str.

Jamsa S., Viitaniemi P. 2001. Heat treatment of wood – better durability without Chemicals. V: Review on heat treatments of wood. Rapp A. O. (ur.) Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communitites: 1-6

Kervina Lj. 1972. Termiti Slovenačkoga Primorja i hemijska zaštita drveta od njih. Doktorska disertacija. Beograd, Univ. v Beogradu: 1-192

Krause A., Jones D., Van der Zee., Holger M. 2003. Interlace Treatment-Wood Modification with N-Methylol Compounds. V: Proceedings of The First European Conference on Wood Modification. European Thematic Network for Wood Modification, Ghent, 3-4 apr. 2003. Van Acker J., Hill C. (ur.) Ghent, Ghent University: 317-327

Lesar B. 2005. Analiza termično modificiranega lesa z infrardečo spektroskopijo in termično analizo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 60 str.

Lesar B. in Humar M. 2007. Borove spojine za zaščito lesa. I del: Zgodovine in toksične lastnosti. *Revija les*, 59, 7-8: 176-179

Lesar B. in Humar M. 2007. Borove spojine za zaščito lesa. II del: Vezava v les ter fungicidne in insekticidne lastnosti *Revija les*, 59, 9-10: 216-221

Militz H. 1993. Treatment of timber with water soluble dimethylol resins to improve their dimensional stability and durability. *Wood Sci Technol*, 27:347-355

Nicholas D. D., Williams A. D. 1987. Dimensional stabilization of wood with dimethylol compounds. International Research Group on Wood Preservation, Document No.: IRG/WP 3412, 9 str.

Patzelt M., Stingel R., Teischinger A. 2002. Thermische Modifikation von Holz und deren Einfluss auf ausgewählte Hlozeigenschaften, V: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Teischinger A., Stingel R. (ed.). Wein, LIGNOVISINEN: 101-147

Petrsen H. 1985. Identification of "Free Formaldehyde" in Finishes and Finishing Liquors, and on Sensitized or Finished Fabrics. *Melliand Textilberichte*, Sept.: 756-768

Rapp A.O., Sailer M. 2001. Oil heat treatment of wood in Germany – state of the art, V: Review on heat treatments of wood. Rapp A.O. (ur.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 18 str.

Rep G., Pohleven F. 2001. Wood modification – a promising method for wood preservation. *Modifikacija drva – obećavajuća metoda za zaštitu drva*, *Drvena industrija*, 52, 2: 71-76

Rep G., Pohleven F., Bučar B. 2004. Characteristics of thermally modified wood in vacuum. IRG/WP 04-40287: 8 str.

Ribič T. 2006. Odpornost s silicijevimi spojinami modificiranega lesa proti modrenju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 16-21

Sailer M., Rapp A. O., Leithoff H. 2000. Improved resistance of Scots pine and spruce by application of an oil-heat treatment. IRG/WP 00-40162: 12 str.

SIST EN 84. Wood preservatives; Accelerated ageing of treated wood prior to biological testing; Leaching procedure. 1996: 7 str.

SIST EN 335 – 2 Durability of wood and wood-based products; Definition of Hazard classes of biological attack; Part 2: Application to solid wood = Trajnost lesa in lesnih izdelkov-Definicija razredov izpostavitve pred biološkim napadom 2. del: Uporaba pri masivnem lesu. 1995: 8 str.

Soljačić I., Katović D. 1992. Obrada proti gužvanja celuloznih materiala i problematika formaldehida. Tekstil, 41: 545-551

Syrjanen T., Oy K. 2001. Production and Classification of heat treated wood in Finland. V: Review on heat treatments of wood. Rapp A.O. (ur.) Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 9 str.

Tjeerdsma B.F., Boonstra M., Pizzi A., Tekely P., Militz H., 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. Holz als Roh- und Werkstoff, 56: 149-153

Tomažič M. 2006. Premazi za zunanjo uporabo na lesu, modificiranem z derivatom imidazola. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 153 str.

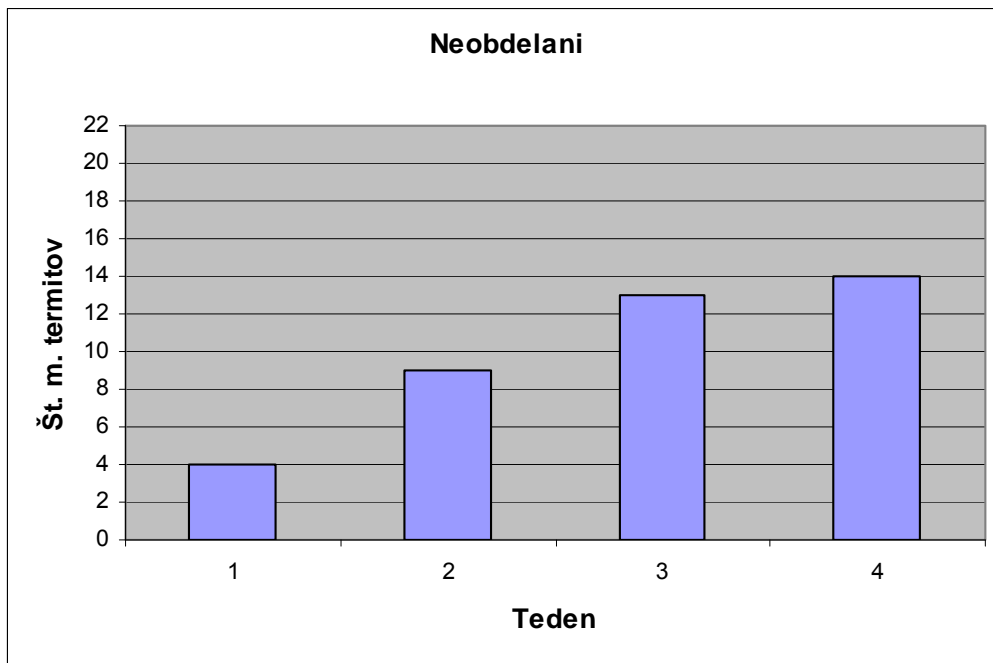
Voncina B., Bezek D., Majcen le Marechal A. 2002. Eco- friendly durable press finishing of textile interlinings. *Fibers Text. East. Eur.*, Jul.-Sep. 10, 3: 68-71

Zydex. 2002. http://www.zydexindustries.com/msds_zycofor_wf.htm (16. okt. 2002)

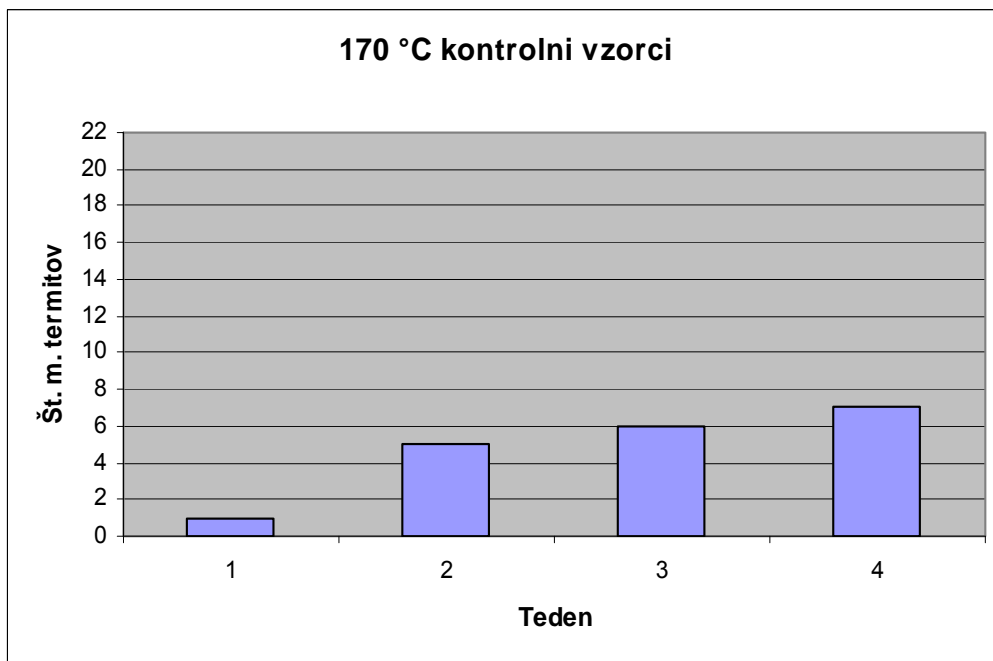
ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Francu Pohlevnu za svetovanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge, recenzentu doc. dr. Mihi Humarju za recenzijo, dr. Črtomirju Tavzesu, Gregorju Repu ter tehnični sodelavki Andreji Klinar, ki so mi pomagali pri opravljanju poskusov na katedri za patologijo, sošolcem za prijateljske nasvete in še posebej svojim staršem, ki so verjeli vame in mi nudili vso finančno in moralno oporo med študijem.

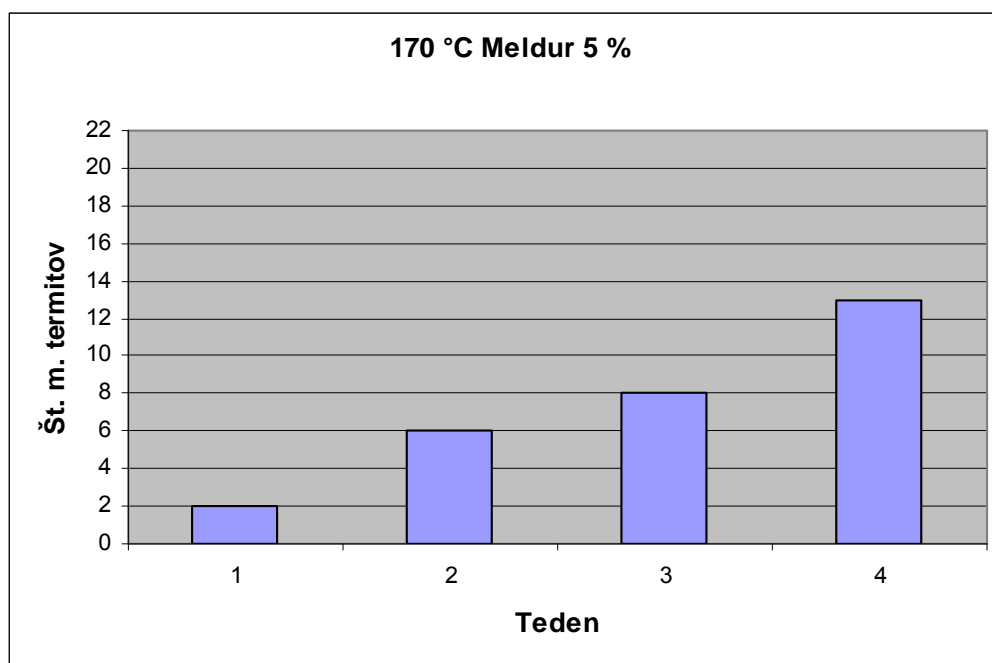
PRILOGE



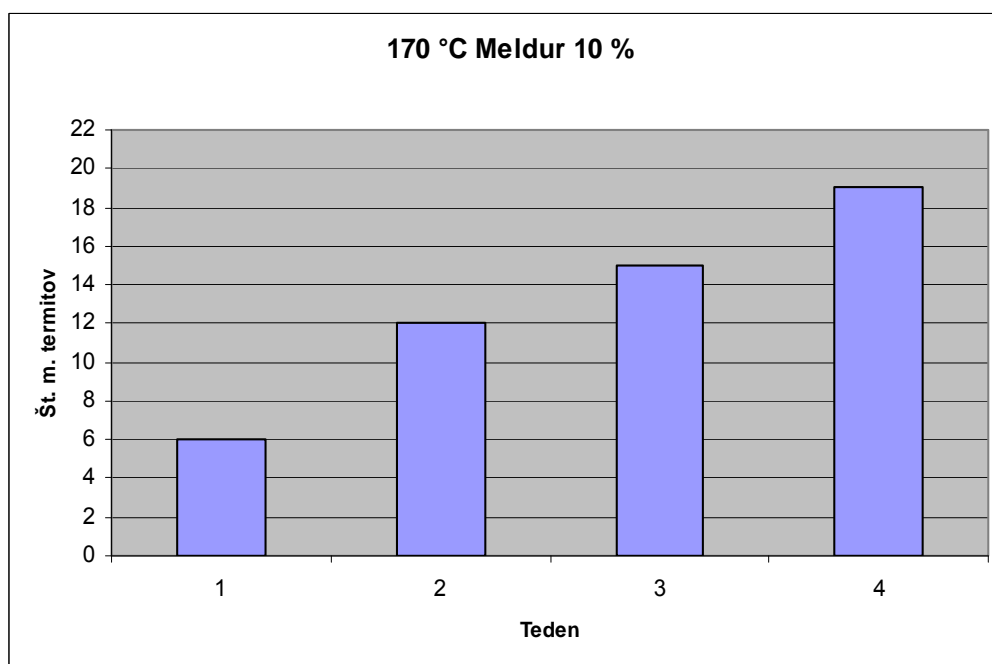
Priloga 1: Mortalitet termitov na smrekovih kontrolnih vzorcih



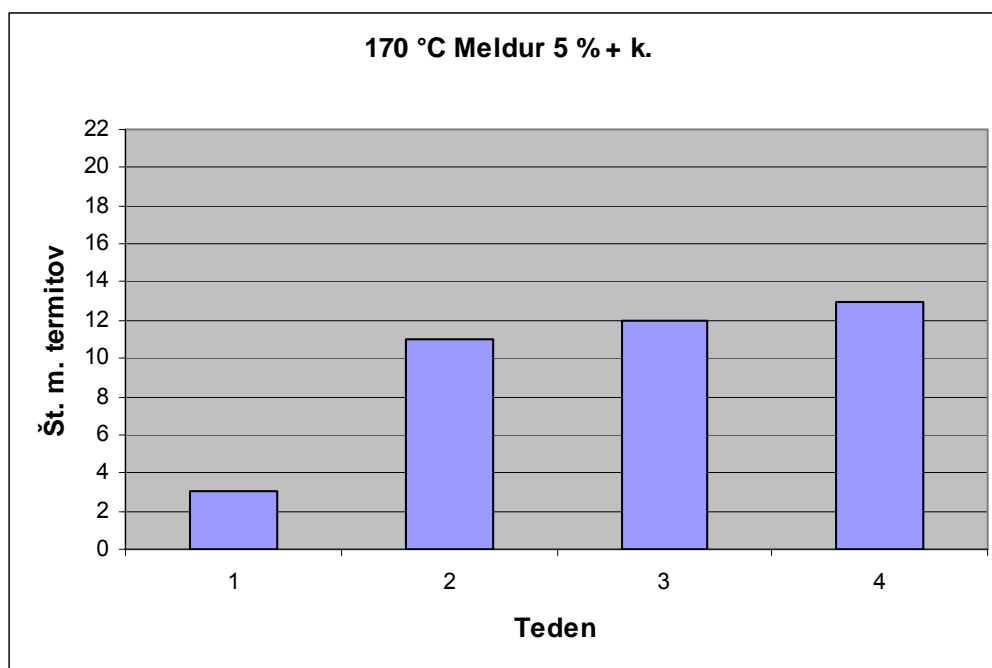
Priloga 2: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C



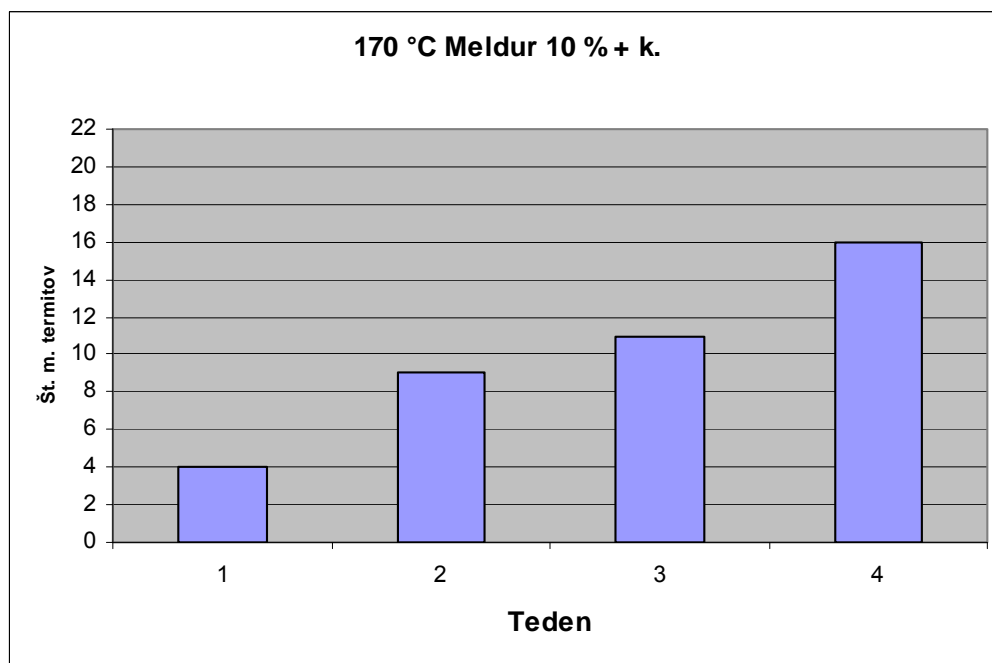
Priloga 3: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 5 %



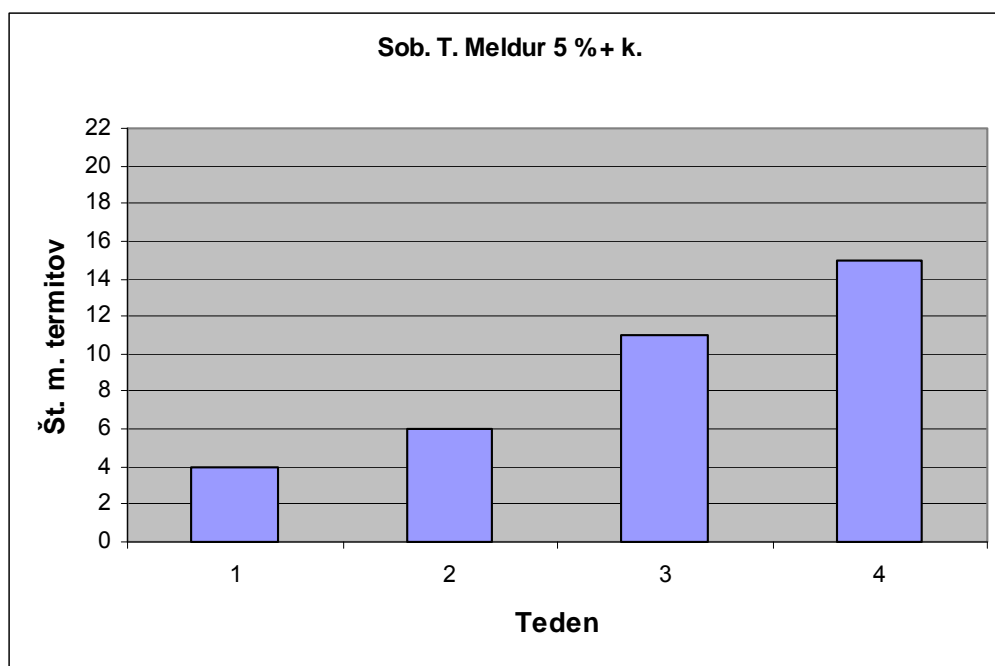
Priloga 4: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 5 %



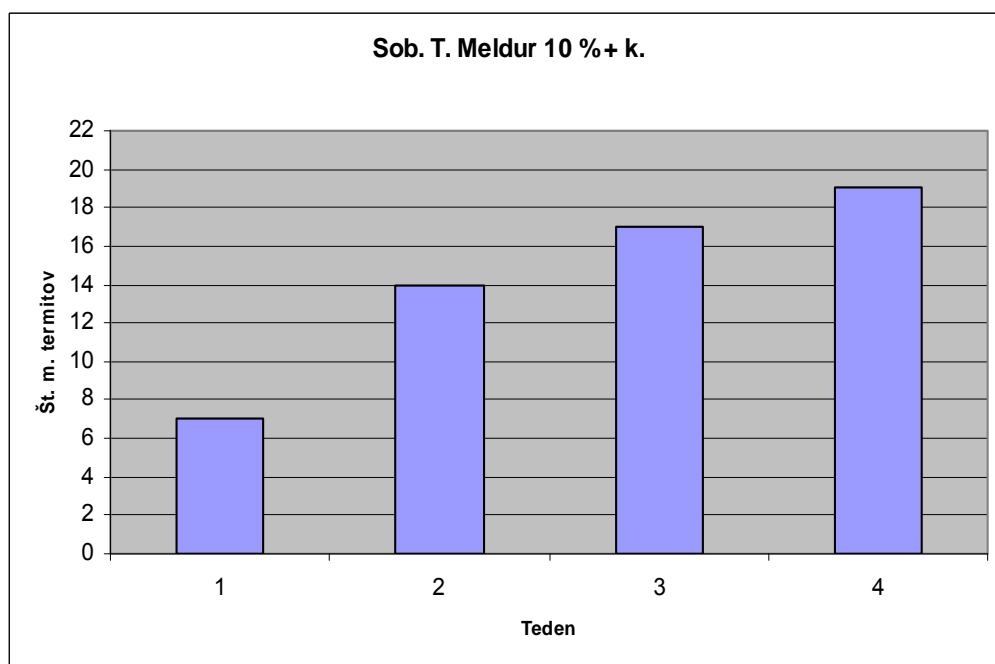
Priloga 5: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja



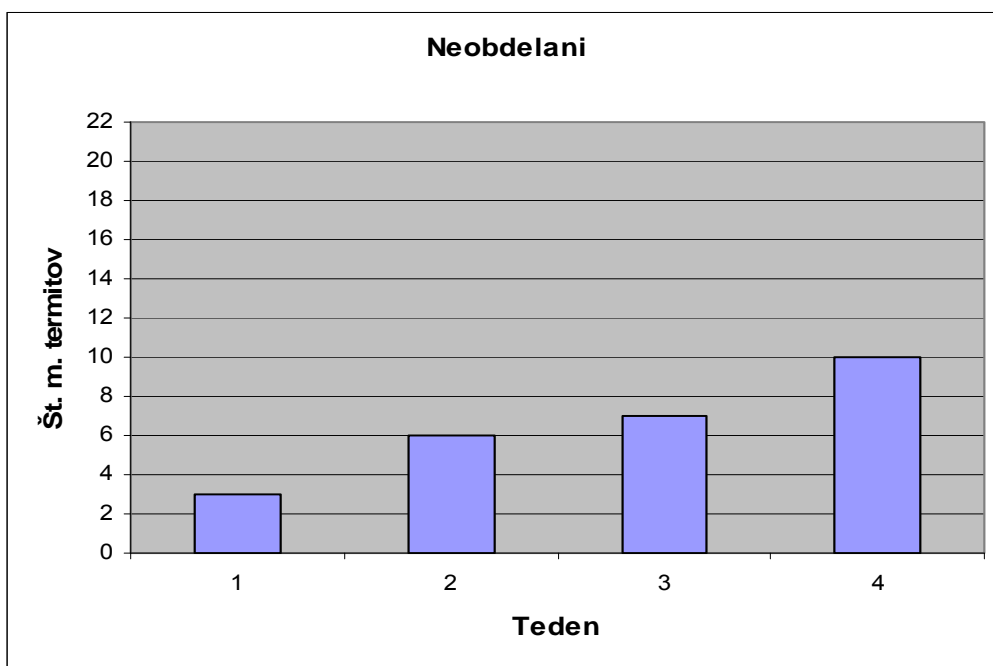
Priloga 6: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 10 % z dodatkom katalizatorja



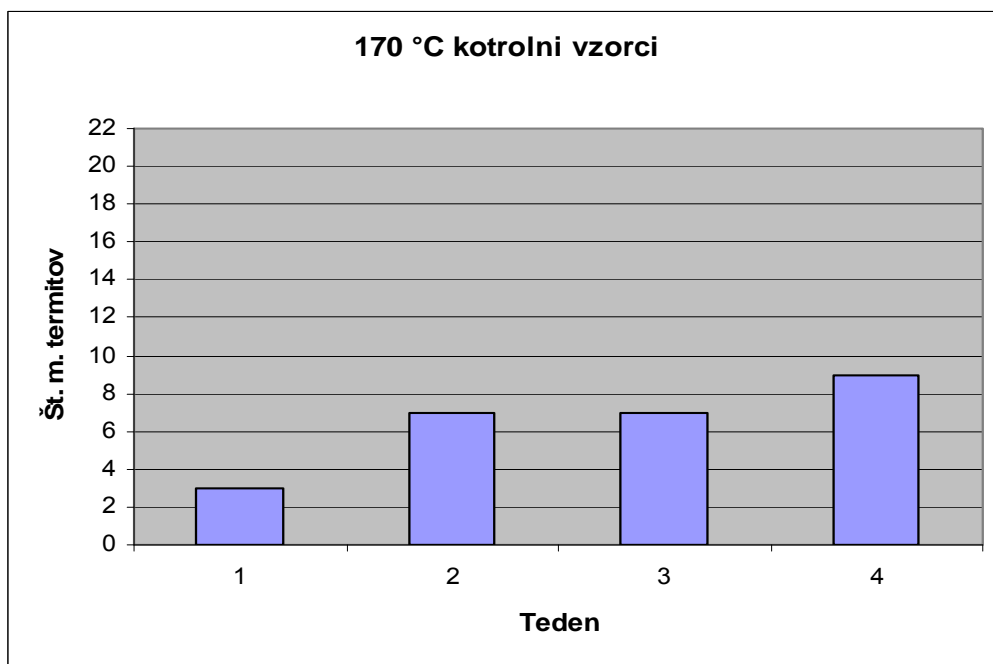
Priloga 7: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi



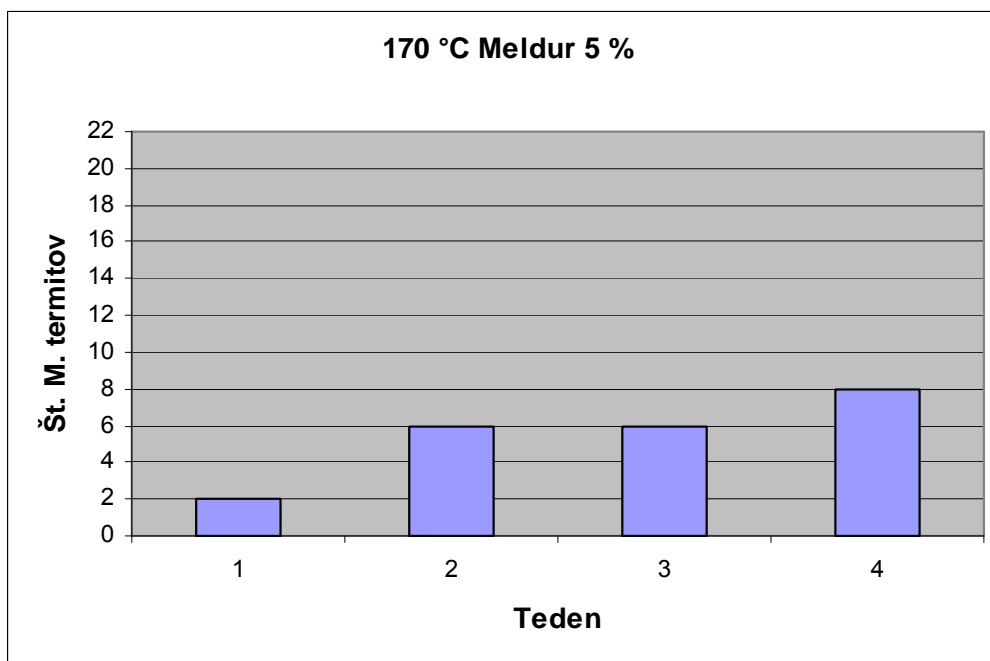
Priloga 8: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 10 % z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi



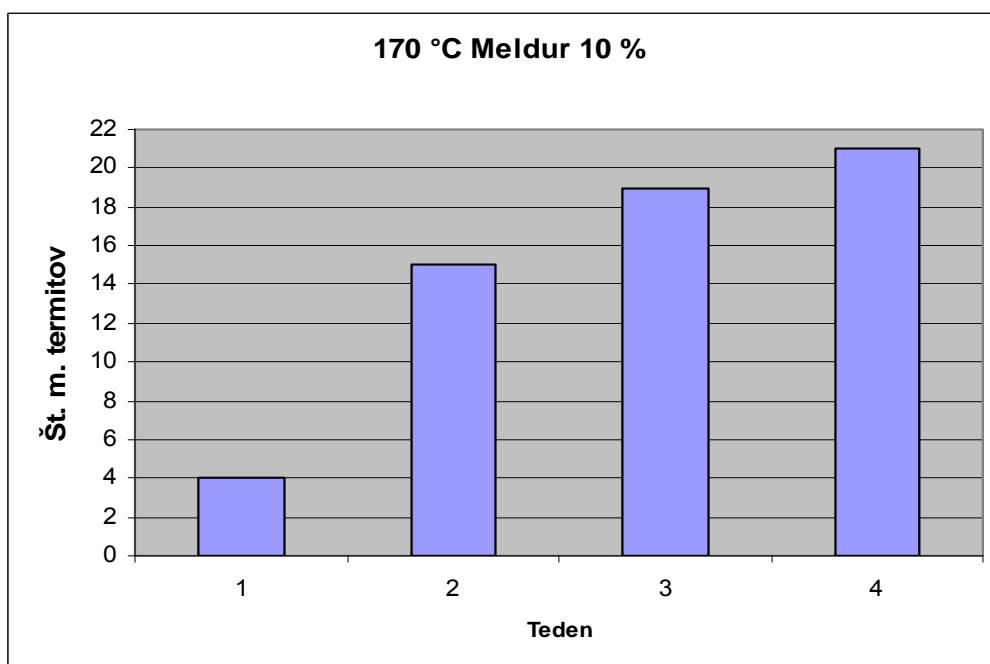
Priloga 9: Mortalitet termitov na borovih kontrolnih vzorcih



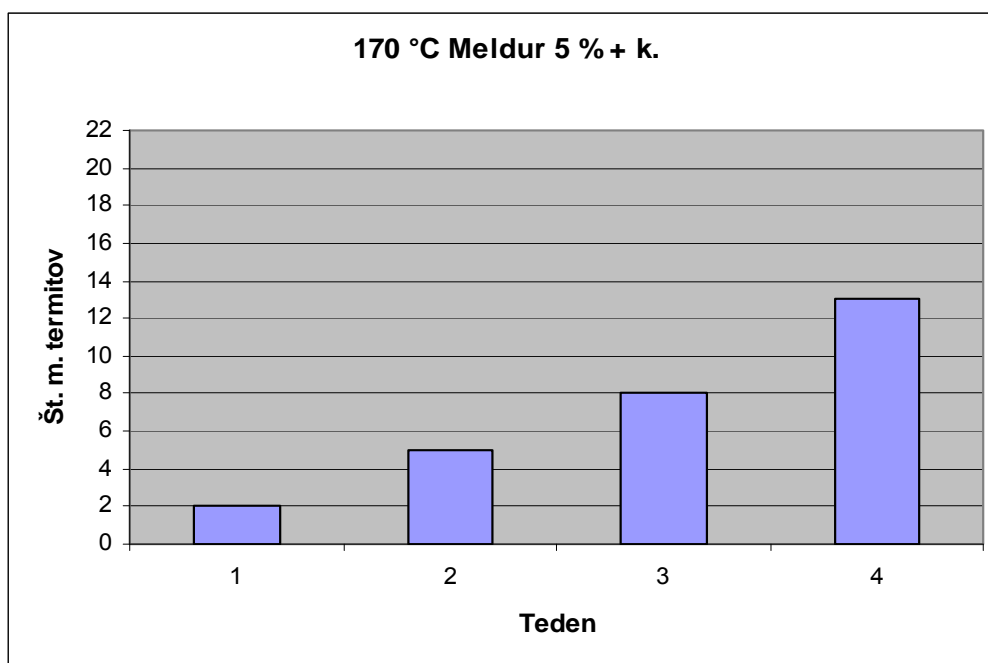
Priloga 10: Mortalitet termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C



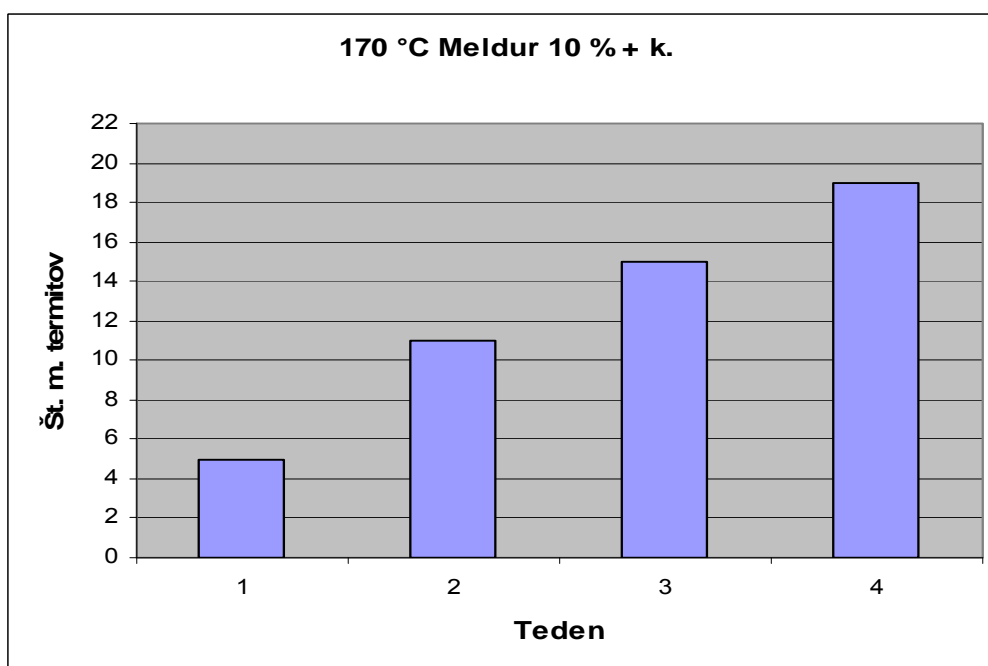
Priloga 11: Mortalitet termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 5 %



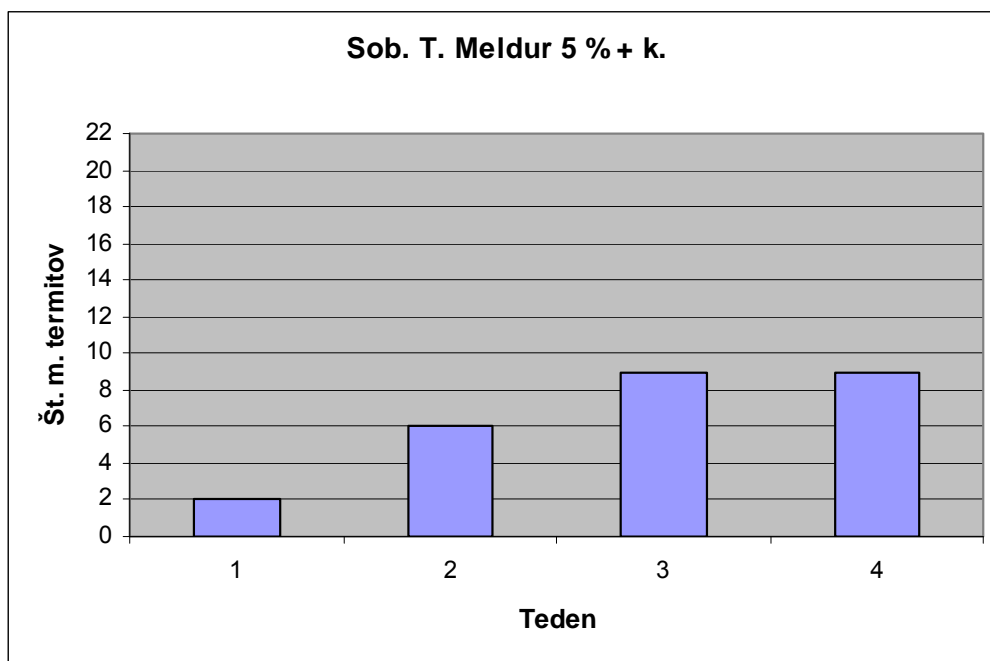
Priloga 12: Mortalitet termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 10 %



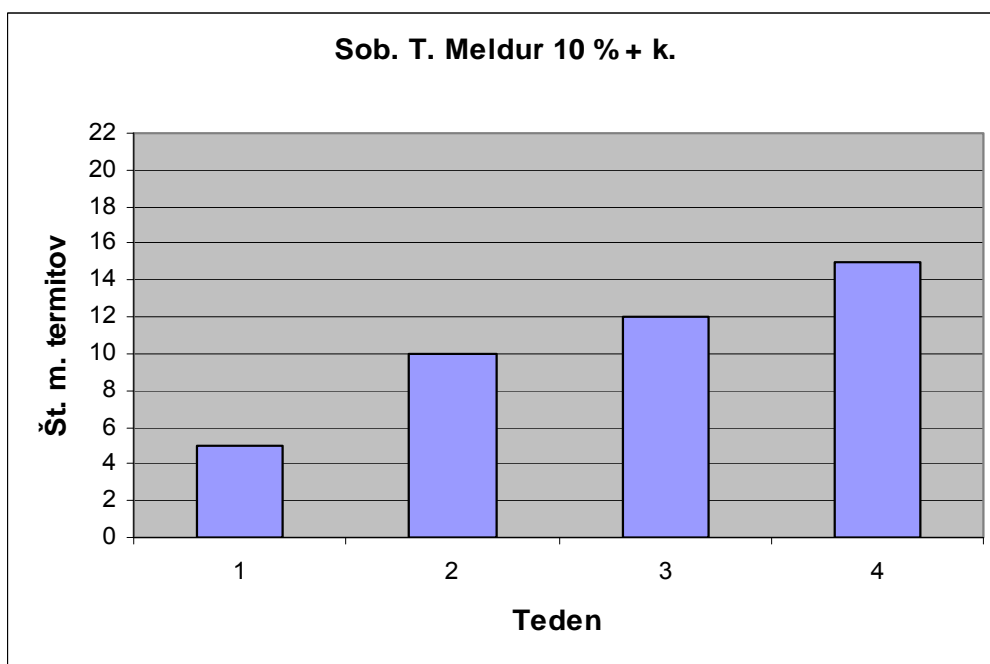
Priloga 13: Mortalitet termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja



Priloga 14: Mortalitet termitov na borovih vzorcih, obdelanih s postopkom 170 °C Meldur 10 % z dodatkom katalizatorja



Priloga 15: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 5 % z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi



Priloga 16: Mortalitet termitov na smrekovih vzorcih, obdelanih s postopkom Meldur 10 % z dodatkom katalizatorja, pri sobni temperaturi