Ispitivanje fungicidnosti različitih sustava zaštite drva za razred opasnosti 3

Lerinc, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:342070

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

MARINA LERINC

ISPITIVANJE FUNGICIDNOSTI RAZLIČITIH SUSTAVA ZAŠTITE DRVA ZA RAZRED OPASNOSTI 3

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2020.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

ISPITIVANJE FUNGICIDNOSTI RAZLIČITIH SUSTAVA ZAŠTITE DRVA ZA RAZRED OPASNOSTI 3

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Zaštita drva II

Ispitno povjerenstvo:

1. izv. prof. dr. sc. Marin Hasan, mentor
2. doc. dr. sc. Vjekoslav Živković, član
3. dr. sc. Iva Ištok, član

Student: Marina Lerinc

JMBAG: 0130198718

Broj indeksa: 927/17

Datum odobrenja teme: 25. 04. 2019.

Datum predaje rada: 18. 09. 2020.

Datum obrane rada: 25. 09. 2020.

Zagreb, rujan, 2020

Dokumentacijska kartica

Naslov	Ispitivanje fungicidnosti različitih sustava zaštite drva za razred opasnosti 3
Title	Testing of Fungicidal Effectiveness of Different Preservative Systems for Hazard Class 3
Autor	Marina Lerinc
Adresa autora	Ivana Meštrovića 8, 33000 Virovitica, HR
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Marin Hasan
Komentor	dr. sc. Iva Ištok
Godina objave	2020.
Obujam	36 + VIII stranica, 18 slika, 10 tablica i 15 navoda literature
Ključne riječi	Fungicidnost, zaštitni sustavi, lignikolne gljive truležnice, habanje, razred opasnosti 3
Key words	Fungicides, preservative systems, lignocollial rot fungi, wear, hazard class 3
Sažetak	Na tržištu se pojavljuju mnogobrojna zaštitna sredstva kojima nisu točno specificirana tehnička svojstva poput fungicidnosti ili mjesta primjene. Upravo je svrha ovog rada usporediti dva različita sustava zaštite drva koje proizvođači deklariraju 'za vanjsku upotrebu'. Sustavima zaštite zaštitili bi se uzorci, potom laboratorijski pohabali simulirajući trošenje u realnoj upotrebi, te izložili djelovanju čistih kultura najčešćih lignikolnih gljiva truležnica. Otpornost na habanje u jednom ciklusu je veća sustavu BQ1 + Pflege-Öl, no trostruko intenzivnijim habanjem se utvrdilo da se ipak uljni sustav zaštite neznatno brže haba od lazurnog sustava (HK-Lasur + HWS112 hibridni premaz). Učinkovitost zaštite i uljnog i lazurnog sustava zaštite se u početnoj fazi pokazao kao izrazito dobar protiv sve tri testirane gljive truležnice. Nakon jednostrukog, a poglavito nakon trostrukog habanja učinkovitost zaštite opada obima testiranim sustavima s time da učinkovitost uljnog sustava zaštite zadržava dovoljnu minimalnu učinkovitost za predviđenu namjenu. Rezultati ispitivanja su pokazali da bi uljni sustav trebalo obnavljati svakih trostruko intenzivnih ciklusa habanja (npr. 3 godine hodanja po drvenim podnim oblogama u eksterijeru), a lazurni sustav bi trebalo obnavljati nakon svakog intenzivnog ciklusa habanja odnosno npr. svake godine.
Abstract	There are numerous preservative agents on the market that do not specify technical properties, such as fungicides or application sites. It is precisely

	the purpose of this paper to compare two different wood preservative systems that manufacturers declare ‘for outdoor use’. The preservative systems would protect the samples, then wear them out in the laboratory, simulating wear in real use, and expose them to the action of pure cultures of the most common lignocollial rot fungi. The fungicidal effectiveness of the protection would be tested and evaluated according to the valid HRN EN norms. The wear resistance in one cycle is higher with the BQ1 + Pflege-Öl system, but with three times more intensive wear, it was found that the oil system wear slightly faster than the stain system (HK-Lasur + HWS112 hybrid coating). The protection effectiveness of both the oil and stain protection system proved to be extremely good in the initial phase against all three tested rot fungi. After single, and especially after triple wear, the protection efficiency decreases of both tested systems, with the efficiency of the oil protection system maintaining a sufficient minimum efficiency for the intended purpose. The test results showed that the oil system should be renewed every three times intensive wear cycles (eg 3 years of walking on wooden floor coverings in the exterior), and the stain system should be renewed after each intensive wear cycle or eg every year.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristila* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Marina Lerinc

U Zagrebu, *17. 09. 2020.*

SADRŽAJ

Dokumentacijska kartica ... 2
SADRŽAJ ... 5
POPIS SLIKA ... 6
POPIS TABLICA ... 7
PREDGOVOR ... 8
1. UVOD ... 1
2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA ... 4
2.1. Modifikacije ... 4
2.1.1. Modifikacija impregnacijom ... 4
2.1.2. Termička modifikacija ... 4
2.1.3. Kemijska modifikacija ... 6
2.2. Zaštitna sredstva ... 7
3. CILJ RADA ... 9
4. MATERIJALI I METODE ... 10
4.1. Izrada i označavanje uzoraka ... 10
4.2. Zaštitna sredstva i metode zaštite ... 11
4.2.1. Sustav zaštite baziran na kemijskoj impregnaciji BQ1 i površinskom tretmanu uljem Pflege-Öl ... 11
4.2.2. Sustav zaštite baziran na tankoslojnoj lazuri HK-Lasur kao kemijskoj zaštiti i površinskom tretmanu HWS-112 premazom ... 14
4.3. Priprema laboratorijske opreme i hranjive podloge za nacjepljivanje gljiva ... 16
4.4. Priprema uzoraka i izlaganje gljivama ... 20
4.5. Postupak ispitivanja otpornosti na habanje ... 21
4.5.1. Postupak laboratorijskog habanja uzoraka prema Kollmann-u: ... 23
5. REZULTATI I RASPRAVA ... 24
5.1. Retencija zaštitnih sredstava ... 24
5.2. Otpornost tretiranog drva na habanje (GMH – gubitak mase habanjem) ... 25
5.3. Učinkovitost zaštite ispitivanih sustava ... 27
5.3.1. Sustav zaštite baziran na Adolit BQ1 i ulju Pflege-Öl ... 27
5.3.2. Sustav zaštite baziran na HK-Lazuri i HWS-112 završnom premazu ... 30
6. ZAKLJUČCI ... 34
7. LITERATURA ... 35

POPIS SLIKA

Slika 1 Obilježeni uzorci 11

Slika 2. Zaštitno sredstvo Adolit BQ1 tvrtke Remmers..... 12

Slika 3 Grupirani uzorci u zaštitnim mrežicama 13

Slika 4 Uzorci nakon potapanja u BQ1 impregnaciju, a nakon sušenja površinski tretirani uljem Pflege-Öl..... 13

Slika 5 Zaštitno ulje Remmers Pflege Öl 14

Slika 6 Korištene lazure za lazurni sustav zaštite: a) HK Lasur – kao temeljna kemijska zaštita, b) završni zaštitni sloj HWS-112 hibridnom lazurom..... 15

Slika 7 Uzorci nakon potapanja u HK-Lasur, a nakon sušenja površinski tretirani HWS-112..... 16

Slika 8 Laboratorijska oprema: a) autoklav, b) kabinet za rad u čistom - laminar..... 17

Slika 9 Prašak za hranjivu podlogu (PDA)..... 18

Slika 10 Potrebna količina praha i destilirana voda..... 18

Slika 11 a) Ulijevanje vruće hranjive podloge b) Precjepljivanje gljiva 19

Slika 12 Klima soba..... 20

Slika 13 Slaganje uzoraka u petrijevu zdjelicu iznad micelija čistih kultuira gljiva: a) Shema slaganja, b) Slika stvarnih uzoraka..... 21

Slika 14 Uređaj za ispitivanje otpornosti protiv habanja prema Kollmann-u 22

Slika 15 Površina uzoraka nakon habanja: a) 1 ciklusa, b) 3 ciklusa 23

Slika 16 Pohabani uzorci tretirani BQ1 i uljem: lijevo – 1 ciklus habanja, desno – 3 ciklusa habanja 25

Slika 17 Pohabani uzorci tretirani HK-Lasur i HWS-112 premazom: lijevo – 1 ciklus habanja, desno – 3 ciklusa habanja 25

Slika 18 Gubitak mase habanjem (GMH) uzoraka tretiranih i uljem i lazurom..... 26

POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela mjesta upotrebe drva na razrede opasnosti prema HRN EN 335:2013 3

Tablica 2. Objašnjenje oznaka na uzorcima 11

Tablica 3. Retencije kemijskih zaštitnih sredstava i sredstava površinske obrade po preporuci proizvođača i izmjerene na uzorcima nakon tretiranja u laboratorijskim uvjetima .24

Tablica 4. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase habanjem između uzoraka tretiranih uljem i lazurama kao i između uzoraka habanih jednim i tri ciklusa 26

Tablica 5. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih 28

Tablica 6. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih 29

Tablica 7. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih 30

Tablica 8. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih 31

Tablica 9. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih 32

Tablica 10. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Trametes versicolor* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih 33

PREDGOVOR

Istraživanje za ovaj rad provedeno je tokom višemjesečnog ispitivanja i rada u laboratorijima Šumarskog fakulteta, Zavoda za znanost o drvu u Zagrebu. U radu će biti navedeni rezultati ispitivanja fungicidnosti provedenih na uzorcima tretiranih sa dva različita sustava zaštite, nakon toga pohabanih u kontroliranim uvjetima te izloženih djelovanju čistih kultura gljiva truležnica u trajanju od 9 tjedana.

Ovaj rad ne bi bio moguć da nije bilo mentora, izv.prof.dr.sc. Marina Hasana od kojeg je i potekla ideja. Uvijek je bio spreman pomoći tokom cijelog istraživanja i pisanja rada. Hvala svim kolegama i kolegicama na pomoći na diplomskom studiju, a isto tako i profesorima koji su mi predavali. Zahvaljujem obitelji i prijateljima koji su vjerovali u mene i podržavali me cijelim putem.

1. UVOD

Od početka ljudske vrste drvo je bilo jedno od najvažnijih sirovina. Prvenstveno je služilo kao oruđe, a pronalaskom vatre kao ogrjevno sredstvo. Kasnije je počela upotreba drva u gradnji kuća, plovila, namještaja i slično. Kroz povijest mu se upotreba sve više širila, a samim time i sve veća potražnja za drvom.

Drvo je prirodni materijal građen od celuloze, hemiceluloze i lignina, akcesornih i drugih sekundarnih tvari.

Kako je drvo prirodni materijal, ono ima dobra i loša svojstva, odnosno prednosti i nedostatke. Jedna od najvažnijih prednosti mu je što je samoobnovljiv materijal. U industriji se lako obrađuje, ima zadovoljavajuća mehanička svojstva te je primjena proizvoda iz drva jako velika. Važno svojstvo sa ekološkog stajališta je da se proizvodi od drva mogu reciklirati i oporabiti. Koristi se zbog svojih toplinskih, akustičnih i estetskih svojstava u raznovrsne svrhe.

Uz već spomenute prednosti postoje i slijedeći nedostaci na koje je potrebno obratiti pozornost.

Još za vrijeme rasta, tokom prerade i upotrebe, drvo je izloženo brojnim uzrocima propadanja. Podložno je štetnom djelovanju abiotskih i biotskih uzročnika razaranja. Abiotski uzroci dijele se u tri osnovne grupe: mehanički uzroci (habanje, udarci, lomovi), kemijski uzroci (jake organske i anorganske baze i kiseline) i fizikalni uzroci razaranja koji simultano razaraju drvo (voda u sva tri agregatna stanja, IR (infracrvene – toplinske) i UV zrake sunčevog spektra, nagle promjene temperature, vjetar, …).

Drvo izloženo atmosferi, a pogotovo izloženo vani, prolazi kroz niz kemijskih i fizikalnih promjena koje uzrokuju polaganu razgradnju njegove površine, što se uobičajeno naziva propadanjem drva. Izuzevši vatru i biološki napad, propadanje drva je najveća šteta pri uporabi u vanjskim uvjetima. Razlaganje je prouzročeno složenim djelovanjem ultraljubičastog svjetla Sunca, vlage i kisika iz zraka, te dodatnim djelovanjima vjetra, kiše i ostalih oborina. Posljedice su toga da drvo s vremenom mijenja boju, hrapavi i erodira. Ukoliko je drvo pravilno fizički zaštićeno, ono može desetljećima, pa čak i stoljećima, odolijevati intenzivnoj razgradnji, pa se propadanje ograničuje na samo vrlo tanak površinski sloj (Turkulin,1997).

Stalnim promjenama vlage u drvu (ubrzanim navlaživanjem i ubrzanim sušenjem drva), a uslijed nejednolikih unutarnjih naprezanja, postepeno dolazi do pojave mikropukotina, do sukanja, vitoperenja i ostalih grešaka (Turkulin, 1996).

Biotski uzročnici razaranja su anaerobne i aerobne lignikolne bakterije, lignikolne gljive plijesni i promjene boje, gljive uzročnice truleži, ksilofagni insekti i marinski štetnici (Eaton i Hale, 1993).

Da bi se navedeni štetnici razvili, kako za svoj razvoj tako i u drvu, moraju imati zadovoljene neke uvjete: optimalnu vlagu u drvu, povoljnu temperaturu u drvu, dovoljno kisika i prisustvo hranjivih tvari.

Promatrajući slijed napada mikroorganizama i njihov međusobni odnos može se nazvati kao sukcesija. Odnosno drvo prvo napadaju bakterije koje povećavaju permeabilnost drva, zatim plijesan, gljive promjene boje, pa gljive truležnice i insekti koji smanjuju mehanička svojstva drva.

Zbog svih navedenih nedostataka drvo je potrebno adekvatno zaštiti. Prirodna otpornost svojstvo je svake vrste drva da se odupre napadu bioloških uzročnika razgradnje drva, a ovisi o tzv. vanjskih i unutrašnjim čimbenicima. Vanjski čimbenici su značajke rasta, sklopa i sastojine. Unutrašnji čimbenici otpornosti drva su anatomska građa i kemizam (Despot, 1998).

Vremenski period u kojem je drvo zadržalo svoja početna tehnička svojstva odupirući se štetnim utjecajima abioloških i bioloških čimbenika razgradnje definira se kao trajnost drva. Trajnost drva može biti nekoliko mjeseci do nekoliko tisuća godina, što uvelike ovisi o vrsti drva i uvjetima uporabe (Despot, 1998).

Ako je drvo u upotrebi na otvorenom svi uzročnici razgradnje mogu djelovati simultano i ubrzano. Trajnost neke vrste drva ovisi o prirodnoj otpornosti, kvaliteti obrade drva i mogućoj kemijskoj zaštiti da se produži vijek trajanja drva.

Sve vrste drva imaju različite razrede trajnosti jer nemaju jednaku prirodnu otpornost, mjesto i način uporabe. U tablici 1. je prikazan razred opasnosti s obzirom na mjesto uporabe.

Tablica 1. Podjela mjesta upotrebe drva na razrede opasnosti prema HRN EN 335:2013

Razred opas-nosti	Mjesto uporabe	Izloženost vlaženju	Pojava biloških razarača				Primjer
			gljive	insekti	termiti	morski štetnici	
1	u zatvorenom prostoru	nema	-	U	L	-	unutarnja građevna stolarija,obloge, stube
2	na otvorenom prostoru iznad tla,natkriveno	ponekad	U	U	L	-	drvena krovišta
3	na otvorenom prostoru iznad tla,otkriveno	često	U	U	L	-	vanjska građevna stolarija,vanjske obloge,ograde,stupovi na betonskim nosačima
4	na otvorenom prostoru u dodiru s tlom,otkriveno	stalno	U	U	L	-	stupovi ugrađeni u tlo,željeznički pragovi
5	u slanoj vodi	stalno	–	–	–	U	morski piloti, drveni gatovi

Tumačenje:
U - univerzalno postojanje na području Europe
L - lokalno postojanje na području Europe

Zbog sve veće eksploatacije kvalitetne sirovine trajnih vrsta drva, sve više se pronalaze načini za iskorištavanjem manje trajne i kvalitetne vrste drva, a da se dobije kvalitetan i dugotrajan proizvod. No uporaba takvih vrsta iziskuje veću uporabu zaštitnih sredstava pa se javila potreba za pronalaskom odgovarajuće alternative. Jedno od alternativnih rješenja je modifikacija drva. Cilj modifikacije je poboljšati pozitivna svojstva drva i smanjiti njegove nedostatke; odnosno, povećati dimenzijsku stabilnost drva, otpornost prema lignikolnim gljivama i sunčevom zračenju.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

2.1. Modifikacije

Modifikacijom se drvu mijenja unutarnja kemijska struktura, a samim time i njegova svojstva. Modifikacija je nastala zbog potrebe da se iskoriste manje kvalitetne vrsta drva zbog sve većeg iskorištenja i nedostatka kvalitetnih vrsta drva. Cilj modifikacije je dobiti drvo poboljšane dimenzijske stabilnosti, da mu se poveća otpornost na mikroorganizme i atmosferilije, a u isto vrijeme da mu se ne naruše mehanička svojstva.

Hill (2006) dijeli modifikaciju drva prema Norimotou i Grilu (1993) na pasivnu (modifikacija impregnacijom – fizikalna modifikacija) i aktivnu (enzimska, kemijska i termička).

2.1.1. Modifikacija impregnacijom

Modifikacija impregnacijom ja najvažniji i najstariji način modifikacije drva. Drvu se nastoji fizički spriječiti pristup vodi i smanjiti higroskopnost drva.

Cilj modifikacije impregnacijom bio je ispuniti sub-mikroskopske međufibrilarne prostore (često zvane 'mikro-pore') i/ili lumene stanica sa određenom kemikalijom (kemikalijama) kako bi ista povezana sa staničnom stijenkom drva zatvorila navedene međuprostore. Tako ispunjeni prostori fizički bi sprečavali prodiranje vode u staničnu stijenku, a time i onemogućili bubrenje drva (Hasan, 2010).

Postupak modifikacije impregnacije se izvodi na dva načina: difuzijom ili impregnacijom monomerima. Važna stavka ovog načina modifikacije je da se impregnans ne izlužuje iz drva u uvjetima uporabe. Odnosno da impregnans unutar stanične stjenke ne bude toksičan prilikom recikliranja (primjerice spaljivanjem).

Uz modifikaciju impregnacijom, kao fizikalnu valja spomenuti i modifikaciju smolama. To su uglavnom smole koje se koriste u drvnoj industriji: fenol-formaldehidna smola (FF), melamin-formaldehidna smola (MF), metil-melamin-formaldehidna smola (MMF) i urea-formaldehidna smola (UF).

Prednost modifikacije impregnacijom je dobivena stabilnost dimenzija tretiranog drva i redukcija higroskopnosti. Međutim ovaj način modifikacije nije trajan i to mu je najveći nedostatak.

2.1.2. Termička modifikacija

Termička modifikacija je najrazvijenija i najjednostavnija od navedenih aktivnih

modifikacija. Pod pojmom termičke modifikacije podrazumijeva se promjena kemijske strukture stanične stjenke pod utjecajem temperature, tlaka i određene vlage u zadanom vremenu u operacionom cilindru. Cilj joj je povećati dimenzijsku stabilnost i biološku otpornost drva uz što manji gubitak mehaničkih svojstava tretiranog drva.

Termička modifikacija se odvija na temperaturama između 150 i 260 °C bez prisutnosti kisika. Ako se koriste temperature niže od 140 °C, one uzrokuju male promjene u strukturi drva. Suprotno tome, jako visoke temperature uzrokuju preveliku degradaciju kemijskih komponenata drva, a postoji i opasnost od zapaljenja, te su suvremeni procesi termičke modifikacije ograničeni na temperature do 260 °C. Ovisno o načinu modifikacije, postupci se odvijaju na nekoliko načina: bez prisutnosti kisika u inertnim atmosferama, vakuumu, zasićenoj pari ili zagrijavanju u uljima. Kisik može pridonijeti razaranju celuloze i hemiceluloze čime se smanjuju mehanička svojstva umjesto da se povećavaju. Ujedno se smanjuje biološka otpornost radi izlaska ekstraktivnih tvari iz drva koje se talože na površini. Parametri koji se trebaju održavati i o kojima ovise svojstva termički modificiranog drva: su vrsta grijućeg medija, vrijeme trajanja procesa, završna temperatura i vrsta drva.

Neki od procesa termičke modifikacije koji su uspješno primijenjeni u praksi su:

„Royal Process“- drvo se zagrijava u ulju u vakuumu na niskoj temperaturi, oko 60 °C do 90 °C.

„ ThermoWood®“- higrotermalni postupak od više faza. Prva faza je podizanje temperature drva na 100 °C te sušenje na temperaturi od 130 °C. Kada se vlaga drva spusti na otprilike 0 % kreće se sa drugom fazom i temperatura se diže na 185 – 230 °C, u trajanju od 2 – 3 sata. Treća faza je hlađenje i kondicioniranje pri čemu se vodenim prskanjem temperatura spušta na 80 – 90 °C, a konačna vlaga drva varira između 4 i 7 %;

„Plato® Wood“- postupak od 4 faze. Prva je hidrotermoliza u trajanju 4-5 sati na temperaturi od 150 do 180 °C pri tlaku od 0,6 do 0,8 MPa. Druga faza je sušenje na sadržaj vode od 8 do 10 %. Trajanje sušenja varira od 5 dana do 3 tjedna. U trećoj fazi se drvo modificira pri temperaturi od 150 do 190 °C u suhim uvjetima tijekom 12 – 16 sati. Četvrta faza je kondicioniranje.

„Retifikacija“- postupak termičke modifikacije u atmosferi dušika, pri temperaturi od 180 do 250 °C.

„Ecotan“- proces u kojem je drvo impregnirano kemijski modificiranim biljnim uljem.

„Le Bois Perdure“- proces u kojem se drvo modificira sušenjem i zatim grijanjem u atmosferi vodene pare uz temperature od 200 do 230 °C.

„Menz Holz“- postupak u kojem zagrijano biljno ulje služi kao medij topline pri temperaturi od 180 do 220 °C, a vrijeme trajanja je 18 sati.

Prednosti termičke modifikacije u inertnoj atmosferi je ta da se poboljšava stabilnost dimenzija, a povećanjem retencije ulja u modificiranom drvu povećava se i biološka otpornost prema gljivama truležnicama, smanjeno je bubrenje drva za 20-40 %. No postoje i nedostaci u postupcima jer se termičkom modifikacijom smanjuju mehanička svojstva drva. Zbog visokih temperatura dolazi do razgradnje hemiceluloze koja povezuje celulozu i lignin prelazi u termoplastično stanje i utječe negativno na mehanička svojstva drva. Može doći do smanjenja čvrstoće i žilavosti drva, do smanjenja modula elastičnosti i otpornosti na abrazije. Bitni nedostatak je i značajna promjena boje tokom procesa.

2.1.3. Kemijska modifikacija

Kemijska modifikacija drva je reakcija između nekog kemijskog sredstva i OH skupine celuloze, hemiceluloze i/ili lignina eterifikacijom, esterifikacijom ili acetiliranjem.

Pri ovoj modifikaciji potrebno je obratiti pažnju na otrovnost korištenih kemikalija. Kemijska reakcija treba biti što jednostavnija i zadržati što je više moguće pozitivnih svojstava drva. Sa ekonomskog stajališta cijenu kemikalija i procesa modifikacije svesti na isplativ način.

Eterifikacija se izvodi alkilnim halogenidima, epoksidima, aldehidima (DMDHEU i formaldehid), alkoholima (furfurol) i akril-nitrilima.

Esterifikacija se izvodi izocijanatima, anhidridima, kiselinskim kloridima i karboksilnim kiselinama. Od navedenog će se u nastavku navesti samo neki načini kemijske modifikacije i njihove prednosti i nedostaci.

Modificirano drvo tretirano plinom formaldehida ima povećanu otpornost protiv gljive bijele truleži *Trametes versicolor*, a poboljšala su se akustična svojstva drva. Drugi način modifikacije drva jest DMDHEU-om (1,3-dimetilol-4,5-dihidroksietilen-urea). Važni parametri modifikacije su temperatura, vrijeme, katalizator i vrsta drva.

Pozitivna svojstva dobivena ovom modifikacijom su smanjeno bubrenje za 50-60 %, povećana tlačna čvrstoća za 13%. Biološka otpornost na gljive truležnice je povećana ali nedovoljno u usporedbi sa nekim drugim sredstvima. Nedostaci tretiranog drva su smanjenje mikrovlačne čvrstoće za 50 % i oslobađanje formaldehida.

Modifikacija drva furfurilnim alkoholom (furfurolom 70 %) je vrlo pogodna jer se dobiva iz samoobnovljive sirovine iz šećerne trske, kukuruza, suncokreta i ekološki je vrlo prihvatljiv. Prednosti ovog načina modifikacije su smanjenje bubrenja za 45 %, povećanje tvrdoće za 70

%. Prednost ali ujedno i nedostatak je povećanje gustoće za 37 %, nastaje problem zbog zatvaranja mikropukotina unutar stanične stjenke.

Kada se spominje kemijska modifikacija, bitno je spomenuti modifikaciju limunskom kiselinom (CA). Prednosti ove modifikaciije su višestruke. Široko je zastupljena u prirodi i zadovoljava uvijete sa ekološkog i ekonomskog stajališta. Smanjeno je bubrenje za 54 % i nepromijenjena tlačna čvrstoća, te je povećana biološka otpornost. Nedostatak je smanjenje mikrovlačne čvrstoće za 30%.

Bez obzira kojim se načinom modifikacije utječe na drvo, glavna svojstva su povećanje dimenzijske stabilnosti, smanjeno bubrenje, povećanje biološke otpornosti i ekološka stajališta. Proizvodi od modificiranog drva koji se koriste kao zidne obloge. Nedostaci pojedine modifikacije su već navedeni, no bitno je napomenuti da se podovi ne modificiraju u razredu opasnosti 3 zbog fotodegradacije zbog sunčevog zračenja pri čemu nastaju mikropukotine. Zato je drvene površine na podu bolje tretirati zaštitnim sredstvom, svakih nekoliko godina ili prema potrebi, stavljati novi zaštitni sloj.

2.2. Zaštitna sredstva

Da bi se manje kvalitetnim vrstama drva produžio vijek trajanja, potrebno je nanijeti sredstvo za zaštitu. Metode zaštite se spominju od najranijeg doba ljudske vrste, a u nastavku će biti spomenute neke od njih.

Zaštita drva se spominje već u Bibliji: Noa- Prije velikog potopa, … Bog mu je naredio napraviti barku i „…osmoli ga (brod) iznutra i izvana …“

Herodot (otac povijesti 484-424 pr.n.e.) spominje smole, ulje i vosak kao zaštitna sredstva kod zaštite organske materije.

Ptolomej (oko 320 pr.n.e.) spominje kloride, sulfate i karbonate kao dobra sredstva za zaštitu drva.

Stari Rimljani – u njihovim su rudnicima (u Cipru) pronađeni drveni stupovi u vrlo dobrom stanju; kemijskom analizom drva ustanovljena je prisutnost bakra. To treba uzeti sa dozom sumnje jer je pitanje jesu li impregnirali stupove ili je drvo elektrolitičkim putem „upijalo“ bakar iz zemlje.

Plinije Stariji (23-79g.) je primijetio da drvo premazano cedrovim uljem pokazuje povećanu vodoodbojnost kao i otpornost prema insektima i truleži. Što drvo ima više smole ili ekstraktivnih tvari on je otpornije na biološke uzročnike razgradnje drva.

Aboriđini od pamtivijeka izrađuju nadgrobne spomenike (mali totemi) iz drva koje nazivaju krvavo drvo – takvo je drvo bilo otporno na termite i gljive truležnice. Prije ukapanja totema u zemlju premazivali su ih pčelinjim voskom ili mješavinom zmijskog otrova, praha rđe, opeke, pepela, ili čađe i bjelanjaka kornjačinih jaja.

U knjizi „Stari testament od Leviticusa“ spominje gljivu *Merulius lacrymans* (kućna gljiva). U knjizi također konstatira da se kuća napadnuta tom gljivom pretvara u prah.

Nakon prve industrijske revolucije koja unosi drastične promjene u političke i gospodarske sustave, tako i u znanstvena područja.

1812 g. počinju prvi pokusi s fumigacijom, a 1842g. utemeljeno je 5 procesa zaštite:

1705 g. Homberg – protiv insekata (živin klorid); 1832 g. Kyan- kianizacija (živin klorid); 1838 g. Bethell (kreozotno ulje); 1860 g. Bouchery (cink klorid); 1902 g. Rüping (kreozotno ulje).

Vrijeme nakon drugog svjetskog rata pa sve do danas – vrlo intenzivno razdoblje sustavnog istraživanja i razvoja novih sredstava za zaštitu drva, načina, metodi i postupaka zaštite kao i metodi i postupaka modifikacije drva.

Cilj zaštitnog sredstva je zaštititi drvo od štetnih utjecaja biotskih i aboitskih čimbenika koji razgrađuju drvo. Sastoji se od aktivne komponente, pigmenata, smole, otapala i raznih aditiva.

Aktivna/e komponenta/te koja/e se nalazi/ze u zaštitnom sredstvu je/su otrovna/e tvar/i. Pigmenti su najčešće mineralne tvari koje daju boju i netopiva je u premazu. Smole su važne u formiranju filma, otpornosti na ispiranje i habanje te vezivanja za podlogu (drvo). Otapala su potrebna da bi zaštitno sredstvo bilo u tekućem stanju, ona smanjuju viskoznost i otapaju filmogeni materijal. Neka od svojstava koje zaštitno sredstvo mora imati su viskoznost, toksičnost, korozivnost, trajnost, vodoodbojnost, jednostavnost i cijena proizvodnje, sigurnost pri rukovanju, kompatibilnost za daljnju površinsku obradu zaštićenog drva.

Kako kultura građenja drvom u Hrvatskoj ponovo raste, a modificirano drvo, iako ima mnoge prednosti u odnosu na recentno drvo, laboratorijska ispitivanja i praksa su pokazali da modificirano drvo ipak nije najbolje rješenje za podne obloge u eksterijeru. Iz tog se razloga ponovo pribjegava upotrebi prirodnog recentnog drva za podne obloge u eksterijeru, no recentno drvo je potrebno površinski zaštiti, a s obzirom na odabranu vrstu drva moguće i kemijski. Upravo zato, cilj je ovoga rada ispitati učinkovitost zaštite dva različita sustava kemijske i površinske zaštite nemodificiranih, recentnih uzoraka drva kroz ispitivanje otpornosti na habanje i učinkovitosti zaštite protiv gljiva truležnica.

3. CILJ RADA

Zbog sve veće potražnje i upotrebe recentnog drva u eksterijeru u razredu opasnosti 3, javlja se potreba kemijske zaštite drva koje nema dovoljnu prirodnu otpornost za RO 3 i površinske obrade sredstvima otpornima na habanje.

Iz tog su razloga definirani specifični ciljevi ovoga rada:

1. Odabrati dva različita sustava zaštite (biocidna zaštita + površinska obrada) i tretirati uzorke recentnog drva prema preporuci proizvođača.
2. Ispitati otpornost na habanje odabranih sustava zaštite drva.
3. Ispitati učinkovitost zaštite (fungicidnost) odabranih sustava zaštite protiv čistih kultura gljiva truležnica.
4. Usporediti sveobuhvatnu učinkovitost zaštite odabranih sustava te donijeti sud o primjerenosti upotrebe istih za zaštitu podnih obloga u razredu opasnosti 3.

4. MATERIJALI I METODE

Za ispitivanje biološke otpornosti i učinkovitosti kemijske zaštite drva koriste se uzorci bjeljike bijeloga bora (*Pinus sylvestris* L.) s obzirom da je bjeljika bijeloga bora navedena kao etalon neotpornosti u HRN EN normama. Uvjeti kojih se treba držati pri odabiru uzoraka su kvaliteta drva, da ima ravnu žicu, ujednačenu strukturu, bez kvrga, pukotina, mrlja, oštećenja od insekata.

U svrhu ovih istraživanja korišteni su uzorci iz drva bijelog bora (*Pinus sylvestris* L). Uzorci su dimenzija 40 x 20 x 5 mm fino piljeni s preciznošću ± 0,2 mm.

Bor je jedričavo drvo iz skupine četinjača. Zona kasnog drva je izrazito tamnije od ranog drva. Prijelaz iz ranog u kasno drvo je jasno vidljiv i nagli. Ima malu masu, gustoća mu u apsolutno suhom stanju iznosi 490 kg/m^3.

4.1. Izrada i označavanje uzoraka

Uzorci su izrađeni iz stabla borovine iz Uprave šuma Gospić, podružnice Korenica koje je raslo na nadmorskoj visini od 550 m, srednjeg promjera 50 cm, duljine min. 405 cm. Odmah nakon rušenja trupci su krojeni i raspiljivani unutar 3 dana. Debljina piljenica iznosila je 55 mm koje su zatim prirodno sušene 8 mjeseci, i dosušene u sušionici na 12,2 % sadržaja vode na temperaturama ispod 60 °C. Piljenice su skraćivane na 105 cm radi lakšeg manipuliranja i krojenja. Iz svake pojedine piljenice ispiljena su 4 elementa koja su potom fino blanjana na dimenziju za koju su namijenjeni.

Uzorci su ispiljeni na TM-kružnoj pili finih zubi na točnu dimenziju 20×5×40 ± 0,2 mm (R×T×L) selektirani i označeni. Uzorci su podijeljeni u dvije grupe prema vrsti sustava zaštite, a svaka grupa je podijeljena u tri podgrupe. Dodatno je pripremljena grupa uzoraka koja je služila kao netretirana kontrola za ispitivanje učinkovitosti zaštite protiv čistih kultura gljiva truležnica (K). U svakoj grupi odnosno podgrupi je bilo 20 uzoraka (Sl. 1, Tab. 2).

Slika 1 Obilježeni uzorci

Tablica 2. Objašnjenje oznaka na uzorcima

Oznaka	Opis oznake
U	tretman Adolitom BQ1 i površinski uljem
L	tretman Aidol HK lazurom i Aidol HWS 112
0, 1 i 3	Broj ciklusa habanja
S	čista kultura gljive *Poria placenta*
C	Čista kultura gljive *Coniophora puteana*
T	Čista kultura gljive *Trametes versicolor*
1 - 20	Broj uzorka u grupi
U0S1-20	Uzorci tretirani Aidol BQ1 i uljem, bez habanja, izloženi čistoj kulturi gljive *Poria placenta*, broj uzorka od 1 do 20
L3T1-20	Uzorci tretirani HK i HWS 112 lazurama, habani u 3 ciklusa, izloženi čistoj kulturi gljive *Trametes versicolor*, broj uzorka od 1 do 20
UKS1-20	Netretirana kontrola koja je namijenjena izlaganju čistoj kulturi gljive *Poria placenta* uz uzorke tretirane BQ1 i uljem
LKT1-20	Netretirana kontrola koja je namijenjena izlaganju čistoj kulturi gljive *Trametes versicolor* uz uzorke tretirane lazurama

Svim uzorcima je izmjerena masa na preciznoj analitičkoj vagi ± 0,1 mg i dimenzije pomoću digitalne pomične mjerke preciznosti očitanja ± 0,01 mm.

4.2. Zaštitna sredstva i metode zaštite

4.2.1. Sustav zaštite baziran na kemijskoj impregnaciji BQ1 i površinskom tretmanu uljem Pflege-Öl

Za jednu grupu uzoraka koristio se koncentrat zaštitnog sredstva Adolit BQ 1 proizvođača tvrtke Remmers (Sl. 2).

Slika 2. Zaštitno sredstvo Adolit BQ1 tvrtke Remmers

Adolit BQ 1 je zaštitno sredstvo, tekući solni koncentrat za zaštitu drva, topivo u vodi, bez teških metala; na bazi borne kiseline i kvaternarnog amonijevog spoja za preventivnu zaštitu od ksilofagnih insekata i lignikolnih gljiva. Istovremeno je privremena zaštita od plavila i pljesni tijekom sušenja, slabog je mirisa i brzo fiksirajuće, otopine za nanošenje su neutralnog mirisa.

Primjenjuje se za drvo za unutarnju i vanjsku gradnju bez kontakta sa zemljom za razrede opasnosti 1, 2 i 3. Drvo se tretira premazivanjem, špricanjem u komorama, uranjanjem i impregnacijom u tlačnim cilindrima za impregnaciju (www.remmers.hr).

Protokol zaštite je slijedeći:

Uzorci su stavljeni u zaštitnu mrežicu te potom smješteni u posudu i potopljeni u otopini zaštitnog sredstva u trajanju od 5 minuta (sl. 3). Nakon isteka vremena uzorci su se izvadili i stavili cijediti na rešetkaste ladice od inoxa i sušiti na sobnu temperaturu (oko 20°C) u trajanju od 24 sata. Nakon toga im je ponovno mjerena masa.

Slika 3 Grupirani uzorci u zaštitnim mrežicama

Nakon postupka impregnacije uzorci su tretirani zaštitnim uljem tvrtke Remmers Pflege-ÖL – ulje na bazi otapala. Uzorci su prikazani na slici 4, a ulje na slici 5.

Slika 4 Uzorci nakon potapanja u BQ1 impregnaciju, a nakon sušenja površinski tretirani uljem Pflege-Öl

Slika 5 Zaštitno ulje Remmers Pflege Öl

Ulje se primjenjuje za drvo u vanjskoj i unutarnjoj upotrebi, za vrtni namještaj, vrtne terase i modificirano drvo. Sadržaj vode drva na koje se primjenjuje ne smije biti veći od 18 %, a površina mora biti potpuno čista. Preporuka proizvođača da se rade dva premaza s 60 do 80 ml/m^2 po premazu ovisno o upojnosti drva. Prvi premaz treba biti nanijet sa svih strana. Nanosi se kistom, valjkom ili krpom u smjeru vlakanaca. Višak ulja se nakon 30 do 60 minuta odstrani suhim kistom ili krpom. Nakon sušenja (cca. 12 sati) slijedi drugi nanos.

Svojstva su mu da je vodootporno otvorenih pora vrlo izdašno u potrošnji, čuva drvo od isušivanja i ne dopušta da posivi. Brzo se suši i ima dobra radna svojstva (www.remmers.hr).

Svaki uzorak se potapa u ulje, ocijedi i višak obriše suhom krpom. Nakon toga se suši u žičanoj posudici 24 sata. Poslije toga postupak se ponavlja, a nakon dva tretmana uljem uzorci se važu.

4.2.2. Sustav zaštite baziran na tankoslojnoj lazuri HK-Lasur kao kemijskoj zaštiti i površinskom tretmanu HWS-112 premazom

Za drugu grupu uzoraka korišteno je zaštitno sredstvo tvrtke Remmers HK-Lasur prikazanoj na slici 5a, a kao završni sloj korištena je HWS-112 hibridna lazura (sl. 5b).

HK lasur je preventivno učinkovita zaštita od plavila kod 205-250 ml/m^2. Prema iskustvima u praksi se izvode najmanje dva radna koraka, kako bi se postigao navedeni nanos. Područje primjene je u vanjskom području za drvo koje nije u dodiru sa tlom. Svojstva su joj 3 u 1: impregnacija, temeljni premaz i lazura. Svojstva su joj da štiti drvo od vlage i preventivno djeluje protiv plavila i gljivica. Smanjuje rizik od truljenja u spoju sa konstruktivnom zaštitom

za drvo. Sloj filma protiv plijesni i algi. Duboko prodire i ne ljušti se. Gustoća (20 °C) cca. 0,87 g/cm³. Primjenjuje se za drvo maksimalnog sadržaja vode 18%. Nanosi se kistom premazivanjem, potapanjem, nalijevanjem ili špricanjem u smjeru vlakanaca. Sušenje cca. 12 sati kod 20 °C i 65 % relativne vlažnosti zraka(www.remmers.hr).

Protokol zaštite je slijedeći:

Uzorci se stavljaju u zaštitnu mrežicu u staklenu posudu i potapaju u HK lazuri jednu minutu. Stavljaju se u žičanu posudicu da se cijede i suše 24 sata te se važu. Nakon što su potpuno suhi postupak se ponavlja tj. jedna minuta potapanja, cijeđenje i sušenje te se uzorci ponovo važu.

Kao završni sloj se koristio HWS-112-Hartwachs-Siegel; 1-komponentni premaz na bazi voska i ulja (Sl. 5b). Inovativni hibridni proizvod za drvene podove, namještaj, stepenice i unutarnja vrata. Brzo se suši i obradiv je već nakon 6 sati. Iznimno je otporan na habanje. Preporuka proizvođača je: 1. nanos 70 ml/m^2, 2. nanos 60 ml/m^2. Nanosi se špricanjem, valjkom ili kistom. Površina mora biti čista od prašine, masnoće i silikona (www.remmers.hr).

a b

Slika 6 Korištene lazure za lazurni sustav zaštite: a) HK Lasur – kao temeljna kemijska zaštita, b) završni zaštitni sloj HWS-112 hibridnom lazurom

Uzorci se premazuju kistom sa svih strana u jednom sloju, stavljaju u žičane posudice na sušenje 24 sata. Kada je završni sloj bio potpuno suh uzorcima se mjerila masa.

Slika 7 Uzorci nakon potapanja u HK-Lasur, a nakon sušenja površinski tretirani HWS-112

4.3. Priprema laboratorijske opreme i hranjive podloge za nacjepljivanje gljiva

Uvjeti za razvoj lignokolnih gljiva su: drvo kao hranjiva podloga, vlaga drva, zrak (temperatura i relativna vlaga) i svijetlost. Sadržaj vode u drvu mora biti iznad 20 % da bi ga gljiva napala i aktivno razarala, tj. zrakosuho, dok drvo sa 100 i više % sadržaja vode u pravilu ne napada. Granične temperaturne vrijednosti pogodne za razvoj gljiva su od -2 do +40 °C. Optimum se smatra temperaturni interval od 8-30 °C, ovisno o vrsti gljive. Za razvoj gljiva svijetlost nije potrebna. Potrebna pH vrijednost je u intervalu od 0,2-8,5 (Despot i Hasan, 2008).

Za ispitivanje biološke otpornosti protiv čistih kultura lignikolnih gljiva truležnica, korištena je *Trametes versicolor*, gljiva bijele truleži i čiste kulture gljiva smeđe truleži *Poria placenta* i *Coniophora puteana*.

Sva oprema koja se koristi mora biti sterilna. Da se postignu laboratorijski uvjeti sterilizacija se vrši autoklaviranjem (slika 6a). Na temperaturi 123 °C tlaku 1,3 ± 0,05 bar u trajanju od 30 minuta.

Autoklav je naprava za sterilizaciju tvari i sitne laboratorijske opreme pod tlakom na temperaturu višu od njihova vrelišta. Sastoji se od cilindrične metalne posude čvrstih stjenki, koja se hermetički zatvara, a povezana je s tlakomjerom, termometrom i uređajem za

zagrijavanje. Služi za izvođenje kemijskih reakcija i za sterilizaciju različitih materijala vodenom parom u medicinskoj uporabi (www.enciklopedija.hr).

Prije početka rada, kabinet za rad u čistom (laminar) steriliziran je prskanjem 96 % alkoholom i uključivanjem ventilatora uz obasjavanje unutrašnjosti UV svjetlom u trajanju od 60 minuta (Sl. 6b).

a

b

Slika 8 Laboratorijska oprema: a) autoklav, b) kabinet za rad u čistom - laminar

Kao hranjiva podloga za precjepljivanja micelija čistih kultura gljiva truležnica koristila se POTATO DEXTROSE AGAR (PDA) proizvođača Biolife (Sl. 7).

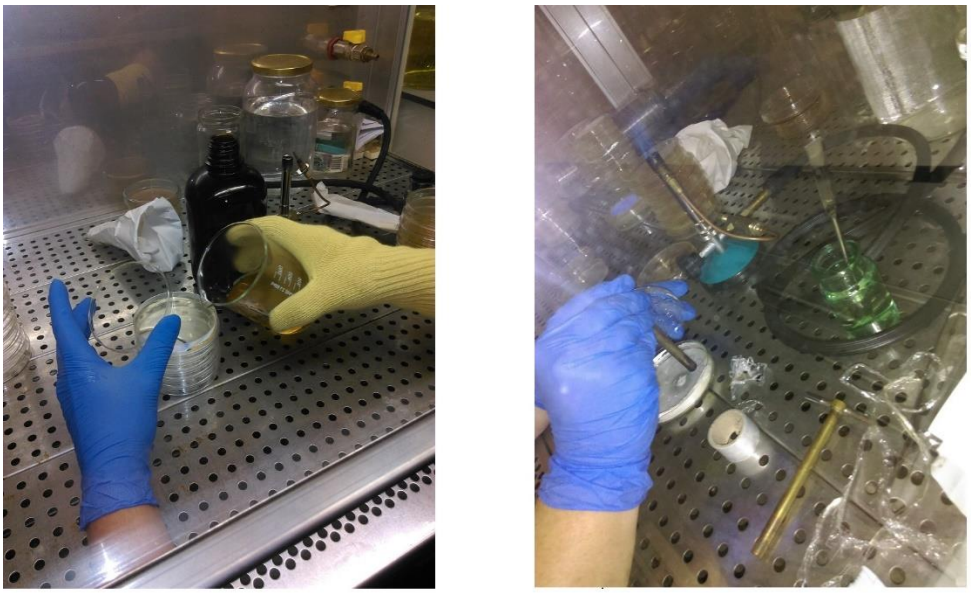
Slika 9 Prašak za hranjivu podlogu (PDA)

Prema uputama proizvođača za pripremu hranjive podloge koristi se 42 g na 1000 ml destilirane vode. Količina pripravka koja je bila potrebna za sve petrijeve zdjelice za uzorke u ovom pokusu rađena je u tri boce. U svakoj je bila zapremina destilirane vode od 700 ml i 29,4 g PDA praška (sl. 8).

Slika 10 Potrebna količina praha i destilirana voda

Nakon miješanja PDA praška sa vodom, pripravak je steriliziran u autoklavu. Nakon hlađenja na oko 50 stupnjeva, još vruća smjesa hranjive podloge ulijevala se u petrijeve zdjelice i omotala plastičnom folijom da se ne kontaminira. Sve se radilo u laminaru u sterilnim uvjetima i odgovarajućim rukavicama, prikazano na slici 9a.

Na hladnu i geliranu hranjivu podlogu nacjepljuje se cca 1,0 cm² micelija čiste kulture gljiva. Igla za precjepljivanje i pinceta se steriliziraju paljenjem na plameniku u laminaru svaki puta prije upotrebe u novoj petrijevoj zdjelici sa hranjivom podlogom (sl. 9b).



a b

Slika 11 a) Ulijevanje vruće hranjive podloge b) Precjepljivanje gljiva

Petrijeve zdjelice sa gljivama se odlažu u klima sobu na temperaturu od 24 ±1 °C i relativnu vlagu zraka 75 ±5 % (sl. 10).

Slika 12 Klima soba

4.4. Priprema uzoraka i izlaganje gljivama

Nakon tretiranja zaštitnim sredstvima i habanja, uzorci se steriliziraju prije izlaganja čistim kulturama gljiva.

Steriliziraju se na način da se upakiraju u običan bijeli uredski papir i autoklaviraju, kao i sav korišteni pribor do sada, uključujući i plastične odstojnike na koje se stavljaju uzorci u petrijevim zdjelicama.

Cijeli postupak postavljanja uzoraka na čiste kulture gljiva se odvija u laminaru u sterilnim uvjetima.

U svaku petrijevku na hranjivu podlogu se stavlja plastični mrežasti odstojnik. Na njega se stavlja po jedan uzorak iz svake grupe istog zaštitnog sredstva, ali različitih ciklusa habanja te kontrolni uzorak koji nije ničim tretiran (sl. 11).

Na slici 11a je shematski prikaz primjera slaganja uzoraka iznad micelija čistih kultura gljiva. Značenje uzoraka:

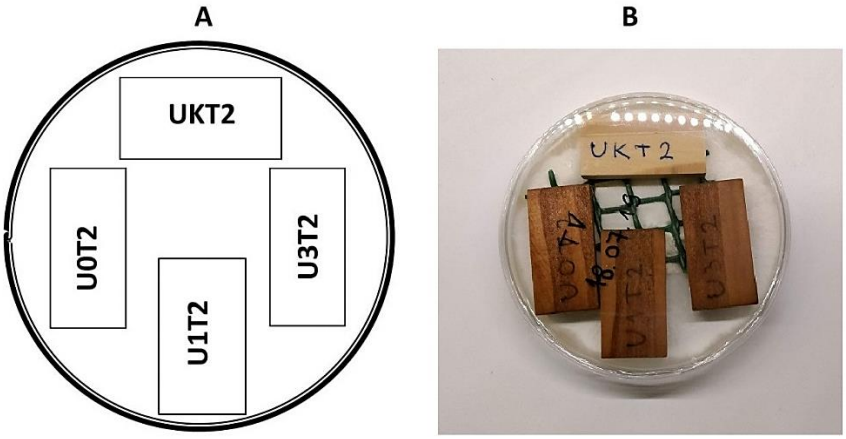
UKT2 - kontrolni uzorak za izlaganje gljivi *Trametes versicolor*, broj uzorka 2 iz grupe koja se slaže sa ostalim uzorcima tretiranih uljem;

U0T2- uzorak tretiran uljem bez ciklusa habanja za izlaganje gljivi *Trametes versicolor*, broj uzorka 2 iz grupe;

U1T2 – uzorak tretiran uljem sa 1 ciklusom habanja za izlaganje gljivi *Trametes versicolor*, uzorak broj 2 iz grupe;

U3T2 – uzorak tretiran uljem sa 3 ciklusa habanja za izlaganje gljivi *Trametes versicolor*, broj uzorka 2 iz grupe.

Uzorci u petrijevim zdjelicama izloženi iznad micelija čistih kultura gljiva su stavljeni u klima sobu da micelij gljiva djeluje 9 tjedana. Zatim su se uzorci pažljivo površinski čistili od micelija gljiva te im se mjerila masa. Nakon vaganja, uzorci su sušeni u sušioniku na 103 ± 2 °C do konstantne mase te su ponovo vagani.



Slika 13 Slaganje uzoraka u petrijevu zdjelicu iznad micelija čistih kultuira gljiva: a) Shema slaganja, b) Slika stvarnih uzoraka

4.5. Postupak ispitivanja otpornosti na habanje

Otpornost na habanje je svojstvo drva da se opire postepenom narušavanju svoje površine pod djelovanjem vanjskih sila. Otpornost protiv habanja u tijesnom je odnosu s tvrdoćom, no ta dva svojstva nisu identična. Habanjem se troše: drveni pragovi, podovi, stepenice, saonice, skije itd.

Otpornost na habanje može se mjeriti:

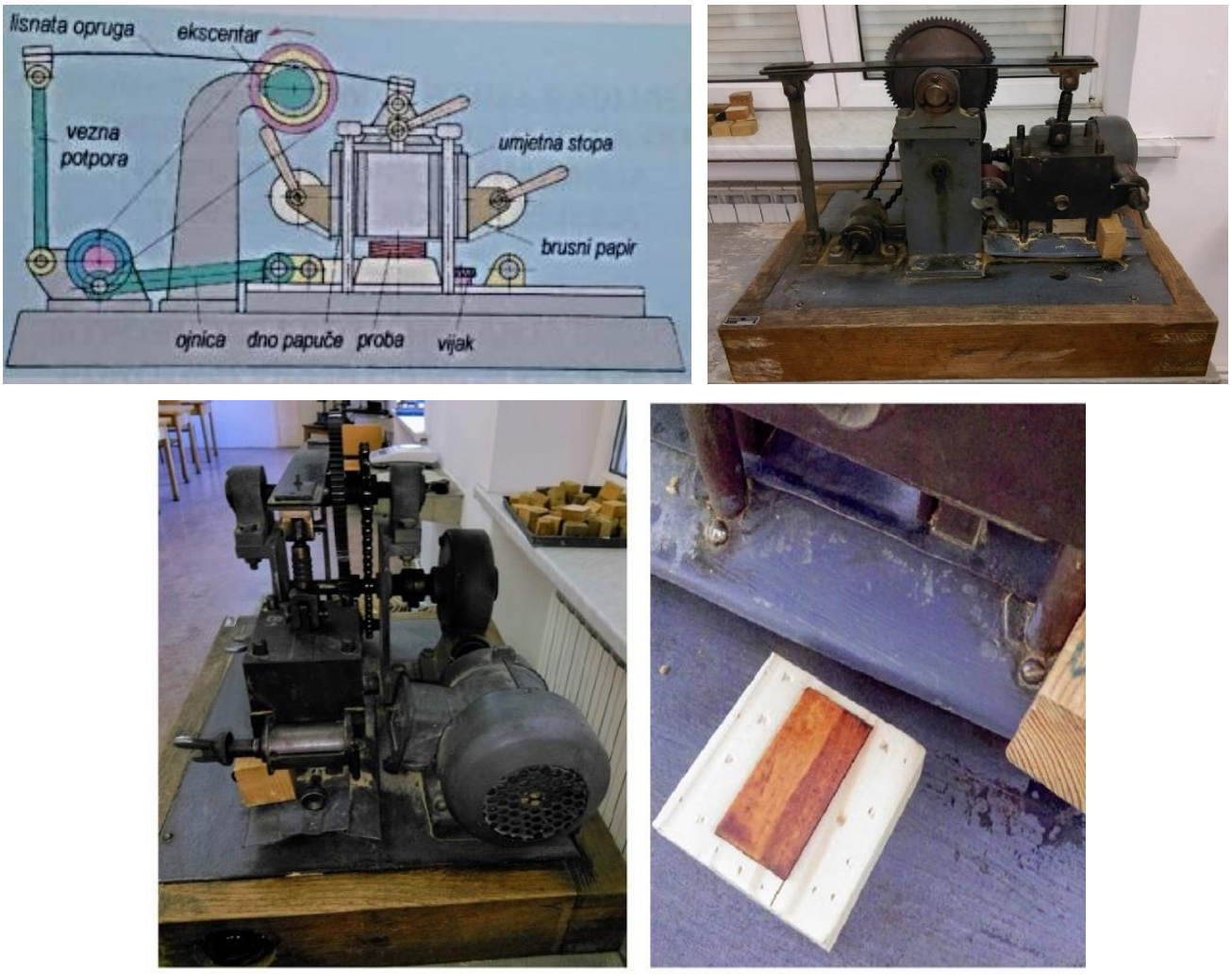
- debljinom sloja koji je s ravne i glatko obrađene površine skinut habanjem, ili

- smanjivanjem mase uzorka koji je izložen habanju, ili

- recipročnom vrijednošću gubitka na debljini, odnosno težini drva.

Otpornost protiv habanja ovisi o vrsti drva, građi, težini, kemizmu, smjeru vlakanaca, sadržaju vode i načinu obrade površine. Površinska obrada drva povećava otpornost protiv habanja. Ovdje dolaze u obzir ulja, voskovi, firnisi i lakovi (Krpan i Horvat, 1967).

Budući da ne postoji unificirana metoda za ispitivanje otpornosti na habanje, ispitivanja u ovome radu bazirana su na pretpostavci da određeni vremenski period (sekunde) laboratorijskog habanja po Kollmannu uzoraka odgovara realnom vremenu trošenja drvene podne obloge u godinama (sl. 12). Točnije, 10 sekundi laboratorijskog habanja istovjetno je sa stanjem drva podne obloge nakon korištenja od jedne godine – 1 ciklus habanja, odnosno 30 sekundi laboratorijskog habanja odgovara stanju drvene podne obloge otprilike nakon 3 godine upotrebe – 3 ciklusa habanja.

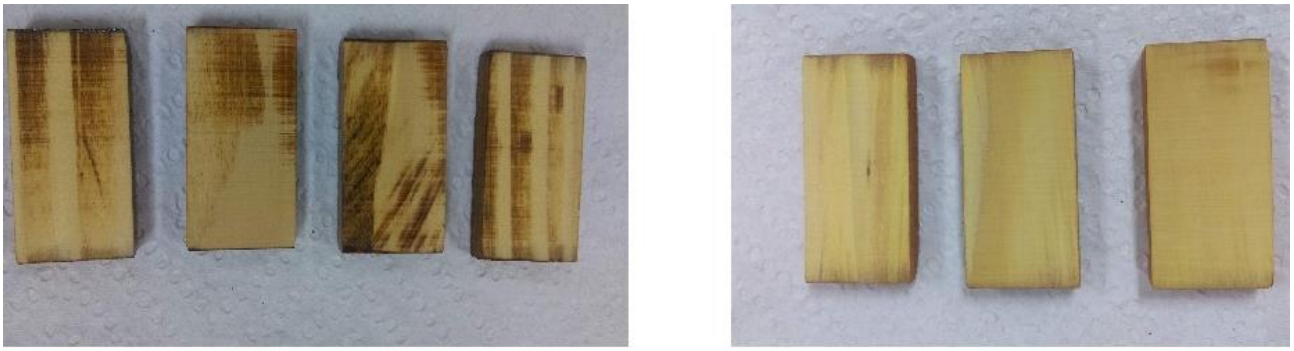


Slika 14 Uređaj za ispitivanje otpornosti protiv habanja prema Kollmann-u

4.5.1. Postupak laboratorijskog habanja uzoraka prema Kollmann-u:

Uzorak tretiran zaštitnim sredstvom stavlja se u kalup koji je rađen za ove dimenzije uzoraka, te se zajedno s kalupom postavlja u škripac uređaja za određivanje otpornosti na habanje prema Kollmann-u (sl. 12). Za ovo istraživanje koristio se brusni papir granulacije 150, koji se kreće naprijed natrag okomito na smjer vlakanaca u trajanju od 10 sekundi za 1 ciklus, odnosno 30 sekundi za 3 ciklusa. Za svaki uzorak se koristi čisti brusni papir (pomiče se brusna traka kako bi abraziv bio cijelo vrijeme identično oštar i kako na brusnome papiru između abrazivnih čestica ne bi bilo drvene bruševine od prethodnog uzorka.

Svakom uzorku se mjerila masa i debljina prije i nakon habanja kako bi se utvrdio gubitak mase koja je pohabana odnosno kako bi se odredila pohabana debljina površinskog sloja uzorka. Pohabana površina uzoraka nakon jednog i tri ciklusa habanja prikazana je na slici 15.



Slika 15 Površina uzoraka nakon habanja: a) 1 ciklusa, b) 3 ciklusa

5. REZULTATI I RASPRAVA

Prikazani podaci koji su dobiveni iz istraživanja, obrađeni su u programskom paketu StatSoft Statistica 7.1.

5.1. Retencija zaštitnih sredstava

Za svako sredstvo (i kemijska zaštitna sredstva i sredstva površinske obrade) prikazane su retencije po preporuci proizvođača (potrošnja) i izmjerenih nakon tretiranja uzoraka u laboratoriju. Izmjerene retencije svih sredstava manje su od onih koje preporuča proizvođač (tab. 3).

Kako je u materijalima i metodama objašnjeno da su uzorci vagani svaki puta nakon sušenja pojedinog sredstva čime se određivala retencija mase suhe tvari svakog upotrijebljenog sredstva. Za ulje i obje lazure to znači da izmjereni rezultati predstavljaju retenciju suhih tvari i ulja i lazura, a proizvođač daje preporuku za potrošnju sredstava u tekućem stanju (s otapalima i suhim tvarima) svakog sredstva.

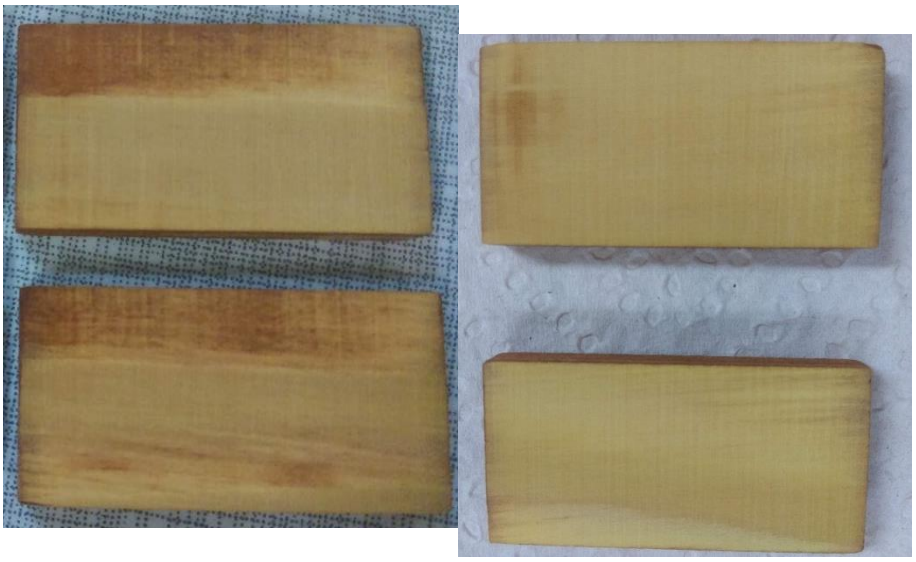
Proizvođač definira retenciju suhe tvari jedino sredstva BQ1 kg/m^3 tretiranog drva, ali ovdje predviđa tretiranje drva vakuum-tlačnim metodama za razrede opasnosti RO 2 i RO 3. Kako je bjeljika borovine izrazito permeabilna, a metoda koja je primijenjena u laboratoriju je potapanje od 1. minute, rezultati retencije suhe tvari BQ1 su u potpunosti zadovoljavajući za razred opasnosti RO2, a djelomice zadovoljavajući za razred opasnosti RO 3.

Tablica 3. Retencije kemijskih zaštitnih sredstava i sredstava površinske obrade po preporuci proizvođača i izmjerene na uzorcima nakon tretiranja u laboratorijskim uvjetima

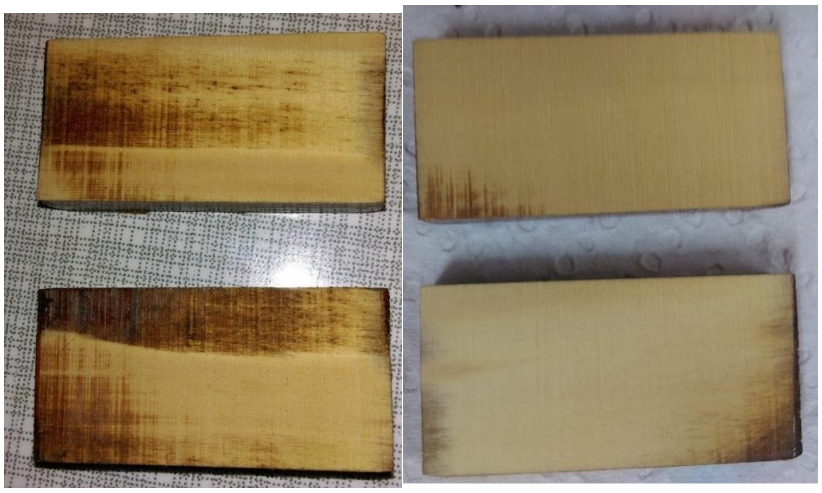
Zaštitno sredstvo	**Gustoća pri 20 °C**	**Retencija**	**Potrošnja po preporuci proizvođača**	
Adolit BQ1 – 5 % vodena otopina	1,05 g/cm^3	117,95 ± 38,67 kg/m^3	RO 2	RO 3
Adolit BQ1 – koncentrat	1,1 g/cm^3	5,9 ± 1,93 kg/m^3	2,5 kg/m^3	7,5 kg/m^3
Pflege-Öl – ulje	0,85 g/cm^3	53,4 ± 7,2 ml/m^2	60 – 80 ml / m^2	
HK-Lazura	0,87 g/cm^3		RO 2	RO 3
		127,4 ± 30,7 ml/m^2	205 ml/m^2	250 ml/m^2
HWS-112	0,88 g/cm^3	21,5 ± 6,8 ml/m^2	60 – 70 ml/m^2	

5.2. Otpornost tretiranog drva na habanje (GMH – gubitak mase habanjem)

Vizualnim pregledom uzoraka, na prvi pogled čovjek bi rekao da su uzorci tretirani uljnim sustavom zaštite intenzivnije pohabani od uzoraka tretiranih lazurnim sustavom i nakon jednostrukog i nakon trostrukog habanja (sl. 16 i 17). No, uvidom u gubitak mase habanjem koja je preračunata u g/m^2 plohe drva i nakon jednog i nakon tri ciklusa habanja statistički značajno više mase pohaba se uzorcima tretiranima lazurnim sustavom nego uzorcima tretiranim uljnim sustavom (sl. 18, tab. 4).



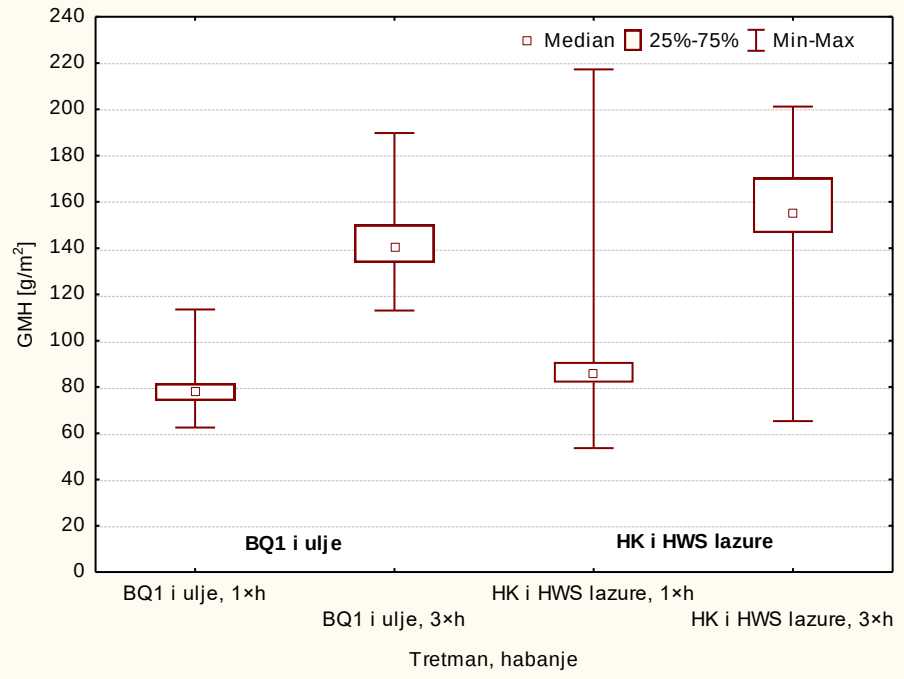
Slika 16 Pohabani uzorci tretirani BQ1 i uljem: lijevo – 1 ciklus habanja, desno – 3 ciklusa habanja



Slika 17 Pohabani uzorci tretirani HK-Lasur i HWS-112 premazom: lijevo – 1 ciklus habanja, desno – 3 ciklusa habanja

Uzorcima s lazurnim sustavom zaštite nakon jednog ciklusa habanja pohaba se GMH = 88,8 g/m^2 dok se uzorcima s uljnim sustavom zaštite u prvom ciklusu pohaba GMH = 78,3 g/m^2 habane površine. Nakon trostrukog ciklusa habanja uzorcima s lazurnom zaštitom pohaba se GMH = 155,3 g/m^2, a uzorcima s uljnom zaštitom pohaba se GMH = 141,2 g/m^2. Iz toga proizlazi da se uzorci tretirani uljnim sustavom zaštite sporije habaju jer su apsolutne vrijednosti GMH i nakon jednog i nakon tri ciklusa habanja manje uzorcima tretiranima uljnim sustavom zaštite nego uzorcima tretiranima lazurnim sustavom zaštite (sl. 18, tab. 4).

Ako se pak pogleda relativni odnos GMH između jednog i tri ciklusa habanja, proizlazi da uzorci tretirani lazurnim sustavom zaštite izgube 74,9 % mase više nakon tri ciklusa habanja spram jednog ciklusa. Uzorci tretirani uljnim sustavom zaštite pak nakon tri ciklusa habanja izgube 80,3 % više mase nego nakon jednog ciklusa. To znači da se ipak uzorci tretirani uljnom zaštitom sve brže habaju iako im je početni gubitak mase habanjem (GMH) manji nego uzorcima tretiranima lazurnim sustavom.



Slika 18 Gubitak mase habanjem (GMH) uzoraka tretiranih i uljem i lazurom

Tablica 4. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase habanjem između uzoraka tretiranih uljem i lazurama kao i između uzoraka habanih jednim i tri ciklusa

	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMH [g/m^2] (Habanje 1 i 3 x BQ1+Ulje i HK+HWS) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 240) =180,4787 p =0,000			
Depend.: GMH [g/m^2]	BQ1 i ulje, 1×h R:44,467	BQ1 i ulje, 3×h R:163,22	HK i HWS lazure, 1×h R:80,867	HK i HWS lazure, 3×h R:193,45
BQ1 i ulje, 1×h		0,000000	0,024497	0,000000
BQ1 i ulje, 3×h	0,000000		0,000000	0,102422
HK i HWS lazure, 1×h	0,024497	0,000000		0,000000
HK i HWS lazure, 3×h	0,000000	0,102422	0,000000	

5.3. Učinkovitost zaštite ispitivanih sustava

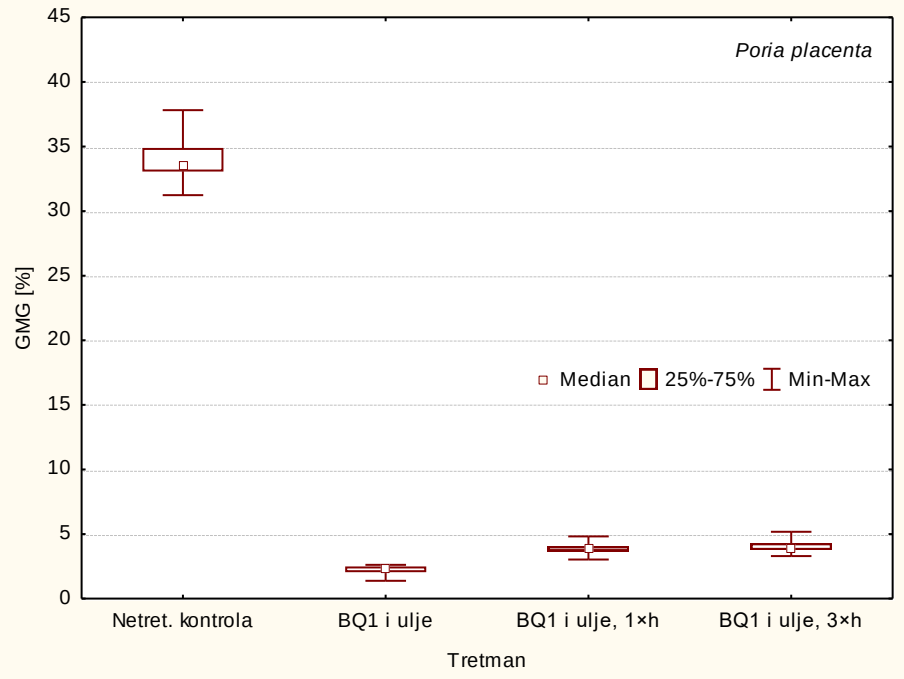
Ispitivanjem učinkovitosti dvaju odabranih sustava kemijske i površinske zaštite drva protiv čistih kultura lignikolnih gljiva truležnica, oba ispitana sustava zaštite su pokazala zadovoljavajući učinak zaštite za razred opasnosti RO 3. Kontrolni netretirani uzorci izgubili su između 25 i 38 % svoje mase što potvrđuje dovoljnu virulentnost odabranih čistih kultura lignikolnih gljiva truležnica, odnosno rezultatima potvrđuje ispravnost testa.

5.3.1. Sustav zaštite baziran na Adolit BQ1 i ulju Pflege-Öl

Kontrolni uzorci su u prosjeku izgubili preko 30 % mase djelovanjem gljiva smeđe truleži i preko 25 % djelovanjem gljive bijele truleži, a tretirani nehabani uzorci svega oko 3 % bez obzira na vrstu gljive. Takvi rezultati potvrđuju vrlo veliku učinkovitost zaštite čak i za razred opasnosti RO 4 (prema HRN EN 113:2008, HRN EN 335:2013 i HRN EN 350:2016). Nakon habanja učinkovitost zaštite statistički značajno opada, ali je sustav zaštite još uvijek zadovoljavajući. Čak i nakon vrlo intenzivnog trostrukog ciklusa habanja, tako pohabani uzorci pokazuju gubitak mase djelovanjem gljiva (GMG) manji od normama maksimalno dozvoljenih 5 %. To praktično znači da i nakon vrlo intenzivnog habanja (laboratorijska simulacija višegodišnje upotrebe podnih obloga bez održavanja i obnove) sustav zaštite BQ 1 + ulje ostaje dovoljno učinkovit za zaštitu drvenih podnih obloga u razredu opasnoti RO 3 (eksterijer, iznad tla, otkriveno) protiv lignikolnih gljiva truležnica (sl.13, 14 i 15; tab. 5, 6 i 7).

Ovakvi rezultati upućuju na zaključak da uljni sustav zaštite nije nužno održavati (obnavljati) nakon svakog intenzivnog ciklusa habanja, već nakon trostruko intenzivnog habanja (frekventni javni prostori npr. ne nakon svake godine već svake treće) kada zaštita pada na minimalnu dozvoljenu učinkovitost i tada se svakako preporučuje obnova kemijske i površinske zaštite.

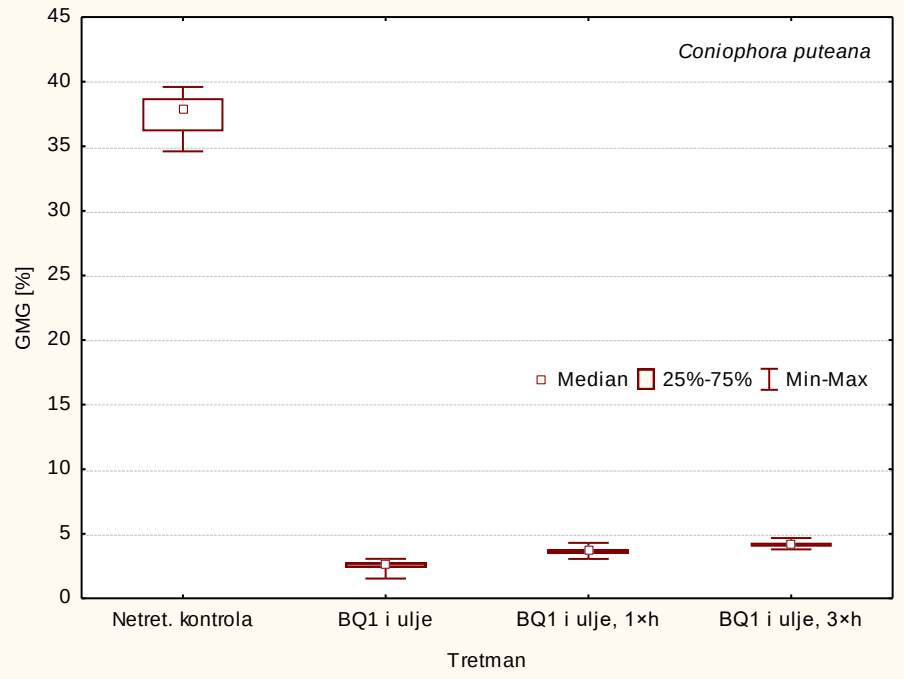
Učinkovitost zaštite minimalno prirodno otporne bjeljike bijeloga bora sustavom Adolit BQ1 i uljem Pflege-Öl podjednako je učinkovita protiv obje testirane lignikolne gljive smeđe truleži Poria placenta i Coniophora puteana kao i proptiv lignikolne gljive bijele truleži Trametes versicolor (sl. 13, 14 i 15).



Slika 1. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 i uljem djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG)

Tablica 5. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih

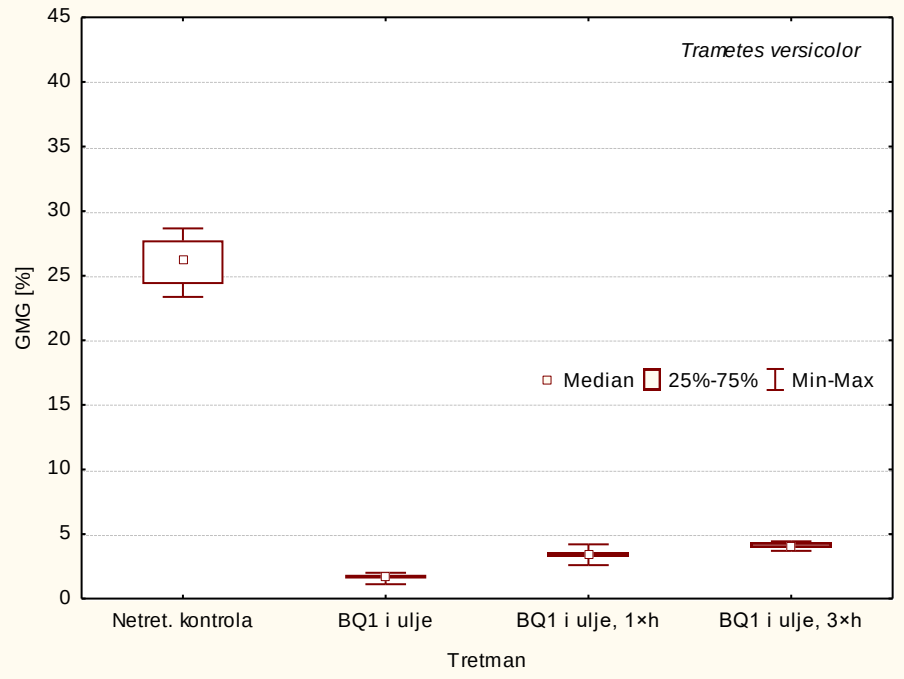
	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (BQ1 + ulje - Pp) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =67,05852 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	BQ1 i ulje R:10,500	BQ1 i ulje, 1×h R:38,200	BQ1 i ulje, 3×h R:42,800
Netret. kontrola		0,000000	0,000066	0,000981
BQ1 i ulje	0,000000		0,000981	0,000066
BQ1 i ulje, 1×h	0,000066	0,000981		1,000000
BQ1 i ulje, 3×h	0,000981	0,000066	1,000000	



Slika 2. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 i uljem djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG)

Tablica 6. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih

	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (BQ1 + ulje - Cp) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =71,56685 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	BQ1 i ulje R:10,550	BQ1 i ulje, 1×h R:32,250	BQ1 i ulje, 3×h R:48,700
Netret. kontrola		0,000000	0,000001	0,018066
BQ1 i ulje	0,000000		0,018882	0,000001
BQ1 i ulje, 1×h	0,000001	0,018882		0,151107
BQ1 i ulje, 3×h	0,018066	0,000001	0,151107	



Slika 3. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 i uljem djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG)

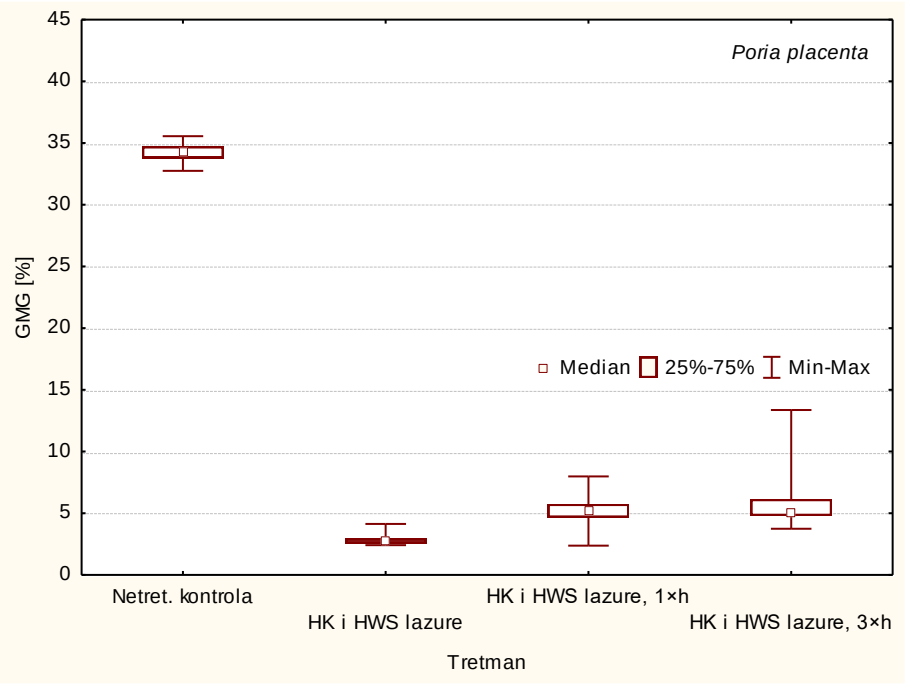
Tablica 7. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih BQ1 + ulje različito intenzivno pohabanih

	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (BQ1 + ulje - Tv) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =72,86833 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	BQ1 i ulje R:10,500	BQ1 i ulje, 1×h R:31,350	BQ1 i ulje, 3×h R:49,650
Netret. kontrola		0,000000	0,000001	0,027296
BQ1 i ulje	0,000000		0,027296	0,000001
BQ1 i ulje, 1×h	0,000001	0,027296		0,076578
BQ1 i ulje, 3×h	0,027296	0,000001	0,076578	

5.3.2. Sustav zaštite baziran na HK-Lazuri i HWS-112 završnom premazu

Za razliku od uljnog sustava zaštite, lazurni sustav pokazuje vrlo dobru zaštitu nepohabanog drva. Nakon jednog ciklusa habanja učinkovitost zaštite statistički značajno opada, ali je još uvijek zadovoljavajuća za zaštitu drvenih podnih obloga u uvjetima upotrebe razreda opasnosti 3 (gubitak mase djelovanjem svih triju testiranih gljiva truležnica) za većinu uzoraka nije veći od maksimalno dozvoljenih 5 %. Nakon intenzivnog trostrukog habanja, učinkovitost zaštite opada i takvi intenzivno pohabani uzorci imaju GMG veći od 5 % (sl. 16, 17 i 18). Ovakvi rezultati pokazuju da bi se lazurni sustav zaštite trebao obnavljati nakon svakog ciklusa habanja (otprilike svakih godinu dana u javnim frekventnim prostorima).

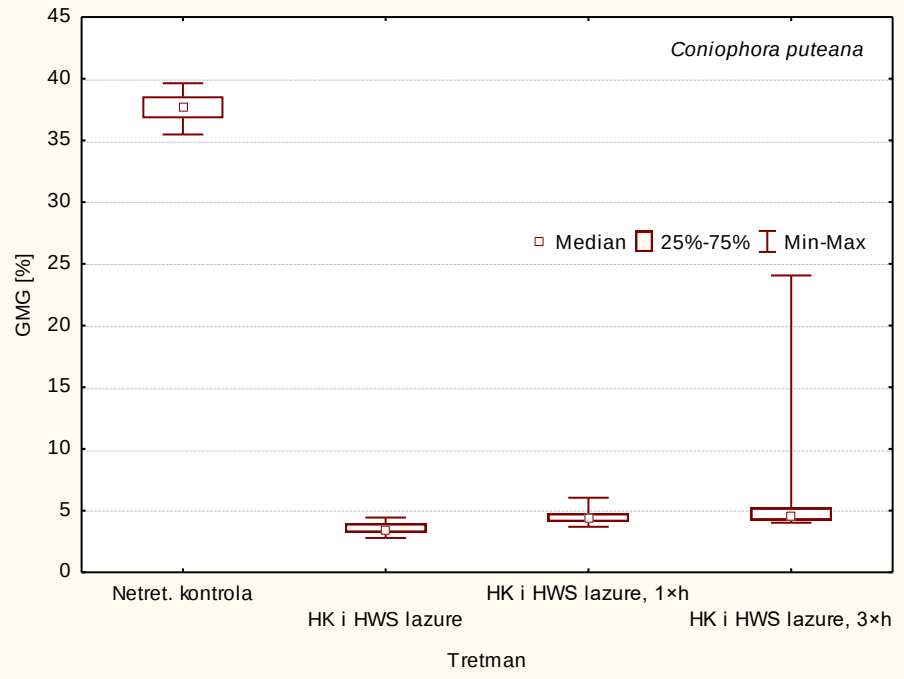
Uspoređujući učinkovitost zaštite lazurnog sustava protiv odabranih gljiva truležnica vidljivo je da je zaštita najdjelotvornija protiv lignikolne gljive bijele truleži *Trametes cersicolor*, a najmanje učinkovita protiv gljive smeđe truleži *Coniophora puteana* bez obzira na intenzitet habanja površine uzoraka (sl. 16, 17 i 18; tab. 8, 9 i 10).



Slika 4. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG)

Tablica 8. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Poria placenta* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih

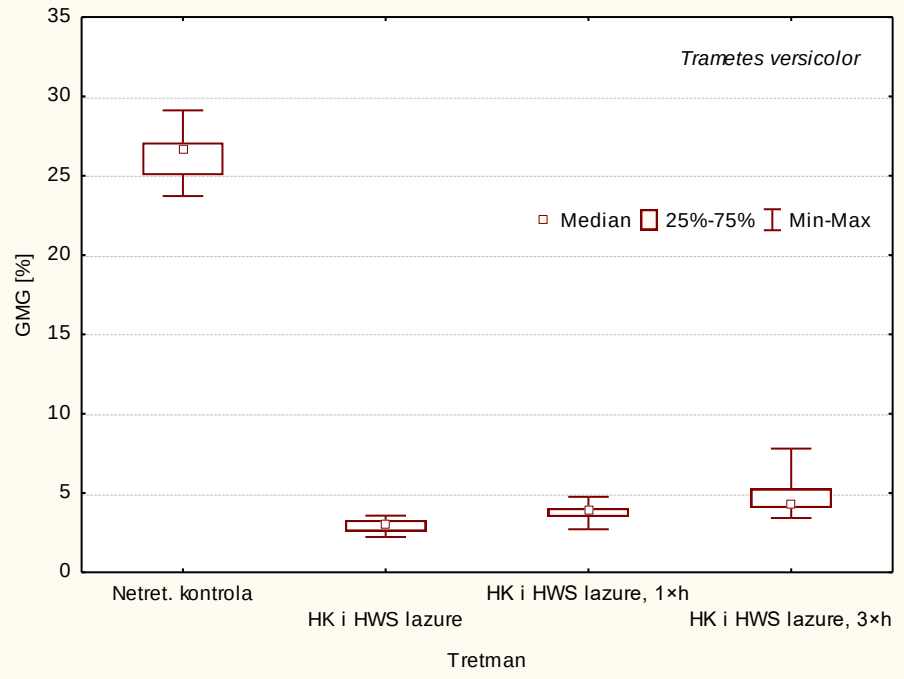
	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (HK+HWS - Pp) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =64,02741 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	HK i HWS lazure R:11,800	HK i HWS lazure, 1×h R:38,400	HK i HWS lazure, 3×h R:41,300
Netret. kontrola		0,000000	0,000075	0,000425
HK i HWS lazure	0,000000		0,001769	0,000358
HK i HWS lazure, 1×h	0,000075	0,001769		1,000000
HK i HWS lazure, 3×h	0,000425	0,000358	1,000000	



Slika 5. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG)

Tablica 9. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Coniophora puteana* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih

	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (HK + HWS - Cp) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =61,14463 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	HK i HWS lazure R:13,500	HK i HWS lazure, 1×h R:36,050	HK i HWS lazure, 3×h R:41,950
Netret. kontrola		0,000000	0,000017	0,000614
HK i HWS lazure	0,000000		0,012901	0,000649
HK i HWS lazure, 1×h	0,000017	0,012901		1,000000
HK i HWS lazure, 3×h	0,000614	0,000649	1,000000	



Slika 6. Gubitak mase kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama djelovanjem gljive *Trametes versicolor* (GMG)

Tablica 10. Kruskal-Wallis-ov test razlike u gubitku mase djelovanjem gljive *Trametes versicolor* (GMG) između kontrolnih i uzoraka tretiranih HK i HWS-112 lazurama različito intenzivno pohabanih

	Multiple Comparisons p values (2-tailed); GMG [%] (HK + HWS - Tv) Independent (grouping) variable: Tretman Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =66,48352 p =,0000			
Depend.: GMG [%]	Netret. kontrola R:70,500	HK i HWS lazure R:12,550	HK i HWS lazure, 1×h R:32,000	HK i HWS lazure, 3×h R:46,950
Netret. kontrola		0,000000	0,000001	0,008111
HK i HWS lazure	0,000000		0,048753	0,000017
HK i HWS lazure, 1×h	0,000001	0,048753		0,251445
HK i HWS lazure, 3×h	0,008111	0,000017	0,251445	

6. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Odabrana su dva različita sustava biocidne + površinske zaštite drva za namjenu podnih obloga u razredu opasnosti RO3 od istog proizvođača. S obzirom da su se količine sredstava upijene u drvo mjerile i izračunavale drugačije nego što je proizvođač predvidio, tek su se djelomično postigle preporučene količine zaštitnih sredstava koje su preostale u drvu nakon tretmana.
2. Otpornost na habanje u jednom ciklusu je veća sustavu BQ1 + Pflege-Öl, no trostruko intenzivnijim habanjem se utvrdilo da se ipak uljni sustav zaštite neznatno brže haba od lazurnog sustava (HK-Lasur + HWS112 hibridni premaz).
3. Učinkovitost zaštite i uljnog i lazurnog sustava zaštite se u početnoj fazi pokazao kao izrazito dobar protiv sve tri testirane gljive truležnice. Nakon jednostrukog, a poglavito nakon trostrukog habanja učinkovitost zaštite opada obima testiranim sustavima s time da učinkovitost uljnog sustava zaštite zadržava dovoljnu minimalnu učinkovitost za predviđenu namjenu. Rezultati ispitivanja su pokazali da bi uljni sustav trebalo obnavaljati svakih trostruko intenzivnih ciklusa habanja (npr. 3 godine hodanja po drvenim podnim oblogama u eksterijeru), a lazurni sustav bi trebalo obnavljati nakon svakog intenzivnog ciklusa habanja odnosno npr. svake godine.

Predlažu se daljnja istraživanja prvenstveno na određivanju što točnijeg ekvivalenta laboratorijskog habanja s habanjem podnih obloga u realnim uvjetima.

S obzirom da su ova dva testirana sustava zaštite međusobno djelomice kompatibilna, moguće je istražiti i drugačije kombinacije kemijskih i površinskih zaštita, a sve u cilju što učinkovitije i trajnije zaštite drvenih podnih obloga u eksterijeru u razredu opasnosti RO3, a uz minimalnu frekvenciju održavanja odnosno obnove.

7. LITERATURA

1. Eaton, R.A., Hale, M.D.C. 1993: Wood: decay, pests and protection. Chapman and Hall, London, UK, 546 pages
2. Despot, R. 1998a: Mechanism of Infection of Fir wood joinery; Part 1 : Exposure conditions, moisture content and permeability // Drvna industrija, 49(2): 67-80
3. Despot, R. 1998b: Mechanism of infection of Fir wood joinery; Part 2: Sequence and intensity of attack of microorganisms, Drvna industrija 49(3): 135-144.
4. Despot, R., Hasan, M. 2008: Patologija drva: Abiološki čimbenici, bakterije, ksilofagne gljive, insekti i morski štetnici. Interna skripta za studente stručnog studija Drvne tehnologije, Zagreb
5. Hasan, M. 2010: Utjecaj različitih postupaka modifikacije na biološku otpornost drva, 2010., doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb
6. Krpan, J., Horvat, I. 1967: Drvno industrijski priručnik, Zagreb
7. Turkulin, H., Jirouš-Rajković, V., Grbac, I. 1997: Površinska postojanost drvnih građevnih konstrukcija. Š.L. 11-12, s.617
8. https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4738
9. * * *., 2008: HRN EN 113: 2008 – Sredstva za zaštitu drva – Metoda ispitivanja za određivanje učinkovitosti zaštite protiv razarača drva iz odjeljka basidiomycetes – Određivanje toksičnih vrijednosti (EN 113:1996+A1:2004) – Wood preservatives – Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes – Determination of the toxic values
10. * * *, 2013: HRN EN 335:2013 – Trajnost drva i proizvoda na osnovi drva – Upotreba razreda: definicije, primjena na cjelovito drvo i ploče na osnovi drva (EN 335:2013) – Durability of wood and wood-based products – Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products.
11. * * *, 2016: HRN EN 350:2016 - Trajnost drva i proizvoda na osnovi drva -- Ispitivanje i razredba otpornosti drva i materijala na osnovi drva na biološke štetnike (EN 350:2016) - Durability of wood and wood-based products -- Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials

12. * * *, 2007: Tehnički list Remmers, broj proizvoda 2180-83 – Adolit BQ 1 – Tekući solni koncentrat za zaštitu drva, topiv u vodi, bez teških metala, str. 4. pristup sa weba: www.remmers.hr

13. * * *, 2007: Tehnički list Remmers, broj proizvoda 2625-55 – Aidol Pflege-ÖL – ulje za njegu na bazi lanenog ulja, str. 2. pristup sa weba: www.remmers.hr

14. * * *, 2018: Tehnički list Remmers, broj proizvoda 2250 – HK-Lasur – premium, dekorativna lazura za zaštitu drva na bazi otapala za drvo u vanjskom području, str. 5. pristup sa weba: www.remmers.hr

15. * * *, 2019: Tehnički list Remmers, broj proizvoda 1826 – HWS-112-Hartwachs-Siegel, str. 4. pristup sa weba: www.remmers.hr